

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平11-271536

(43)公開日 平成11年(1999)10月8日

(51)Int.Cl.<sup>6</sup>

識別記号

F I

G 0 2 B 5/32

G 0 2 B 5/32

5/18

5/18

5/30

5/30

G 0 2 F 1/1333

G 0 2 F 1/1333

1/1335

1/1335

審査請求 未請求 請求項の数82 F D (全 91 頁) 最終頁に続く

(21)出願番号

特願平10-314081

(22)出願日

平成10年(1998)10月16日

(31)優先権主張番号

特願平9-283330

(32)優先日

平 9 (1997)10月16日

(33)優先権主張国

日本 (J P)

(31)優先権主張番号

特願平9-319340

(32)優先日

平 9 (1997)11月20日

(33)優先権主張国

日本 (J P)

(31)優先権主張番号

特願平9-327769

(32)優先日

平 9 (1997)11月28日

(33)優先権主張国

日本 (J P)

(71)出願人 000005821

松下電器産業株式会社

大阪府門真市大字門真1006番地

(72)発明者 荻原 昭文

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器  
産業株式会社内

(72)発明者 蔵富 靖規

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器  
産業株式会社内

(74)代理人 弁理士 大前 要

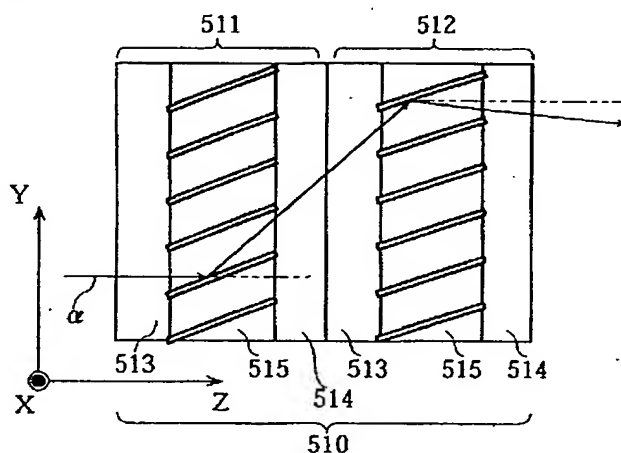
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 画像表示装置、偏光照明装置、偏光分離素子、回折光学素子、およびホログラム素子、ならびに回折光学素子およびホログラム素子の製造方法

(57)【要約】

【課題】 入射光束の回折／直進を制御でき、かつ直進モードにおける回折ノイズを抑制するホログラム素子を得る。該ホログラム素子を用いて、偏光分離素子とを構成し、安価で明るい画像を表示できる画像表示装置などを得る。

【解決手段】 偏光分離素子510は、少なくとも、入射光束に対して偏光異方性を有し、概ね第1の偏光成分のみ選択的に回折せしめる平板状の第1のホログラム素子511及び第2のホログラム素子512からなり、第1のホログラム素子511に入射する入射光束と光軸のなす角 $\theta_0$ と、前記入射光束が第1のホログラム素子511により回折された第1の出力光束が光軸となす角度 $\theta_1$ と、前記第1の出力光束が第2のホログラム素子512に入射後回折されて出力される第2の光束が光軸となす角度 $\theta_2$ が $|\theta_1 - \theta_2| > 2.0$ および $|\theta_0 - \theta_2| < 1.5$ を満足する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】材料の組成の異なる複数の領域を有し、前記複数の領域は、少なくとも特定の波長により硬化しかつ屈折率異方性を有する光硬化型液晶からなる第1の領域と、

該波長によって非硬化な液晶（以下、非重合性液晶と略記する）からなる第2の領域から形成され、前記光硬化型液晶の硬化後の常光線に対する屈折率及び異常光線に対する屈折率が前記非重合性液晶の常光線に対する屈折率及び異常光線に対する屈折率と各々略等しいことを特徴とするホログラム素子。

【請求項2】前記非重合性液晶に対する印加電圧により、非重合性液晶のスイッチング状態を制御することで入射する異常光線に対する第2の領域の屈折率を制御することを特徴とする請求項1に記載のホログラム素子。

【請求項3】前記光硬化型液晶と前記非重合性液晶を略均一に混合せしめてなる混合液晶を、特定の間隔を設けて配置された2枚の平行平板状のガラス基板間に注入し、前記光硬化型液晶を硬化せしめる波長のレーザ光で前記注入された混合液晶を干渉露光せしめることによって、前記複数の領域を形成することを特徴とする請求項1に記載のホログラム素子の製造方法。

【請求項4】少なくとも請求項1または2記載のホログラム素子と、前記ホログラム素子を照明する照明手段と、前記ホログラム素子の出力光束を変調することで画像を表示する画像表示手段とを具備することを特徴とする画像表示装置。

【請求項5】前記ホログラム素子は、無偏光である入射光束の中から特定の偏光成分の射出角のみを選択的に変化せしめることを特徴とする請求項4に記載の画像表示装置。

【請求項6】前記ホログラム素子は前記照明手段からの入射光の中で特定の偏光成分（以下、第1の偏光成分と略記する）を前記画像表示手段の略法線方向に回折せしめる機能を有し、前記ホログラム素子は前記第2の領域に対する印加電圧を制御することにより前記機能を制御することを特徴とする請求項4に記載の画像表示装置。

【請求項7】前記画像表示手段が、特定の偏光成分（以下、第2の偏光成分と略記する）のみ変調する機能を有しており、かつ前記ホログラム素子によって選択的に回折される前記第1の偏光成分と前記第2の偏光成分の電界ベクトルの振動する方向が略等しいことを特徴とする請求項4に記載の画像表示装置。

【請求項8】前記ホログラム素子の裏面に $\lambda/4$ 波長板と反射ミラーを備えており、前記反射ミラーの設置角度は前記ホログラム素子に対して少なくとも $5^\circ$ 以上であることを特徴とする請求項4に記載の画像表示装置。

【請求項9】少なくとも各画素毎に硬化された光硬化型液晶で囲まれたマイクロセル構造を有し、

かつ前記マイクロセル内に非重合性液晶を具備し、

かつ前記光硬化型液晶の硬化後の常光線に対する屈折率及び異常光線に対する屈折率が前記非重合性液晶の常光線に対する屈折率及び異常光線に対する屈折率と各々略等しいことを特徴とする画像表示装置。

【請求項10】少なくとも、入射光束に対して偏光異方性を有し、

概ね第1の偏光成分のみ選択的に回折せしめる平板状の第1及び第2のホログラム素子からなり、

前記第1のホログラム素子に入射する入射光束と光軸のなす角 $\theta_0$ と、

前記入射光束が前記第1のホログラム素子により回折された第1の出力光束が光軸となす角度 $\theta_1$ と、

前記第1の出力光束が前記第2のホログラム素子に入射後回折されて出力される第2の光束が光軸となす角度 $\theta_2$ が下式の

$$|\theta_1 - \theta_2| > 20$$

$$|\theta_0 - \theta_2| < 15$$

を満足することを特徴とする偏光分離素子。

【請求項11】前記偏光分離素子は、ガラス基板によりホログラム材料を挟持して構成されてなることを特徴とする請求項1記載の偏光分離素子。

【請求項12】前記ホログラム材料は、UV硬化型液晶であることを特徴とする請求項1記載の偏光分離素子。

【請求項13】前記ホログラム材料が、特定領域の波長に対して感度を有するフォトリソマーと液晶ポリマーとの混合物であることを特徴とする請求項1記載の偏光分離素子。

【請求項14】少なくとも、偏光型画像表示手段と、前記偏光型画像表示手段を照明する照明手段を備えた投写型画像表示装置であって、

前記偏光型画像表示手段は、該偏光型画像表示手段に入射する前記照明手段からの照明光の中で特定の偏光成分を変調し出力することで画像を表示し、

前記照明手段は、少なくとも発光手段と、前記発光手段の出力光束を集光する第1の集光手段と、前記偏光分離素子と、複数の微小レンズを2次元にアレイ状に配置してなる第1及び第2の蠅の目レンズから構成されるインテグレータを具備しており、

前記偏光分離素子は第1の蠅の目レンズと第1の集光手段の間に配置され、入射光束の中で第1の偏光成分を回折せしめ前記第2の光束として出力し、第1の偏光成分と直交する偏光方向を有する第2の偏光成分を概ね回折せずに第3の光束として出力し、

前記第1の蠅の目レンズを構成する第1の微小レンズ群の各レンズは第2の蠅の目レンズを構成する第2の微小レンズ群の中で対応する微小レンズに発光手段の像を結像せしめ、

かつ前記第2の光束もしくは第3の光束が結像する位置に偏光方向を略 $90^\circ$ 回転せしめる偏波面回転手段を具

備することを特徴とする投写型画像表示装置。

【請求項 1 5】互いにほぼ平行に配置され、それぞれ互いにほぼ等しい所定の偏光成分を選択的に回折させる平板状の第 1 および第 2 のホログラム素子を備え、

上記第 1 のホログラム素子に入射し、上記第 1 および上記第 2 のホログラム素子により回折されて上記第 2 のホログラム素子から出射する回折光束と、

上記第 1 のホログラム素子に入射し、上記第 1 および上記第 2 のホログラム素子を透過して上記第 2 のホログラム素子から出射する透過光束とのなす角度が  $0^\circ$  を越え、かつ、 $15^\circ$  未満であるとともに、

上記第 1 のホログラム素子に入射し、上記第 1 および第 2 のホログラム素子により回折される光束における、それぞれのホログラム素子に入射する光束とそれぞれのホログラム素子により回折された光束とのなす角度が、それぞれ  $20^\circ$  を越えることを特徴とする偏光分離素子。

【請求項 1 6】請求項 1 の偏光分離素子であって、上記第 1 および第 2 のホログラム素子は、1 対のガラス基板間にホログラム材料が配置されて構成されていることを特徴とする偏光分離素子。

【請求項 1 7】請求項 2 の偏光分離素子であって、上記ホログラム材料は、紫外線硬化型液晶が硬化してなることを特徴とする偏光分離素子。

【請求項 1 8】請求項 2 の偏光分離素子であって、上記ホログラム材料は、所定領域の波長の光の照射に対して硬化性を有するフォトリソマーと液晶ポリマーとの混合物が硬化してなることを特徴とする偏光分離素子。

【請求項 1 9】発光手段と入射した光束における互いに異なる方向の偏光成分の光路を異ならせる偏光分離素子と、

上記偏光分離手段から出射する上記回折光束、および透過光束をそれぞれ互いに異なる第 1 および第 2 の位置に集光させる集光手段と、

上記第 1 および第 2 の位置の何れか一方に、入射した偏光成分の偏光方向を回転させる偏波面回転手段とを備えた画像表示装置であって、

上記偏光分離手段は、

互いにほぼ平行に配置され、それぞれ互いにほぼ等しい所定の偏光成分を選択的に回折させる平板状の第 1 および第 2 のホログラム素子を備え、

上記第 1 のホログラム素子に入射し、上記第 1 および上記第 2 のホログラム素子により回折されて上記第 2 のホログラム素子から出射する回折光束と、

上記第 1 のホログラム素子に入射し、上記第 1 および上記第 2 のホログラム素子を透過して上記第 2 のホログラム素子から出射する透過光束とのなす角度が  $0^\circ$  を越え、かつ、 $15^\circ$  未満であるとともに、

上記第 1 のホログラム素子に入射し、上記第 1 および第 2 のホログラム素子により回折される光束における、それぞれのホログラム素子に入射する光束とそれぞれのホ

ログラム素子により回折された光束とのなす角度が、それぞれ  $20^\circ$  を越えるものであることを特徴とする偏光分離素子。

【請求項 2 0】請求項 5 の画像表示装置であって、さらに、

それぞれ複数の微小レンズが配列されて成る第 1 および第 2 の蝇の目レンズを有するとともに上記第 1 の蝇の目レンズを構成する各微小レンズが上記第 2 の蝇の目レンズを構成する微小レンズにおける対応する微小レンズに上記発光手段の像を結像させるインテグレートラを備え、上記集光手段は、上記インテグレートラの第 1 の蝇の目レンズであることを特徴とする画像表示装置。

【請求項 2 1】請求項 5 の画像表示装置であって、上記回折光束と上記透過光束とは互いに偏光方向が直交する光束であって、

上記偏波面回転手段は、入射した光束の偏光方向をほぼ  $90^\circ$  回転させることを特徴とする画像表示装置。

【請求項 2 2】光源と屈折率異方性を有する回折光学素子とこれに隣接して配置された全反射ミラーとを少なくとも具備し、

前記光源からの出射光の 1 方向の偏波成分（P 波もしくは S 波）は、前記回折光学素子を透過し前記反射ミラーにより反射され、再び前記回折光学素子を通過して出射し、

前記出射光に対し概ね直交する成分（S 波もしくは P 波）は前記回折光学素子の回折作用により伝搬方向を変化して出射する時、前記回折光学素子からの回折波と前記全反射ミラーからの反射波との伝搬方向が概ね同じであって相対的な出射角度が異なるように前記回折光学素子の所定波面が形成されていることを特徴とする偏光照明装置。

【請求項 2 3】光源と屈折率異方性を有する回折光学素子とこれに隣接して配置された全反射ミラーと前記全反射ミラーからの反射光の偏光方向を出射時の光の偏光方向に対して概ね直角方向に回転させるため、回折光学素子への光路中に配置された位相板を少なくとも具備し、前記光源からの出射光の 1 方向の偏波成分（P 波もしくは S 波）は、前記回折光学素子を透過し前記反射ミラーにより反射され、前記位相板及び前記回折光学素子を通過して出射し、

前記出射光に対し概ね直交する成分（S 波もしくは P 波）は前記回折光学素子の回折作用により伝搬方向を変化して出射する時、前記回折光学素子からの回折波と前記全反射ミラーからの反射波との伝搬方向が概ね等しく略平行光束となるように前記回折光学素子の所定波面が形成されていることを特徴とする偏光照明装置。

【請求項 2 4】前記回折光学素子からの回折波と前記全反射ミラーにより反射されて出射した光波との偏光方向が概ね等しいことを特徴とする請求項 2 記載の偏光照明装置。

【請求項 2 5】前記回折光学素子は前記全反射ミラーにより反射され、位相板を通過した光波を概ね透過することを特徴とする請求項 2 記載の偏光照明装置。

【請求項 2 6】光源と屈折率異方性を有する 1 組の回折光学素子と入射する光波の偏光方向を概ね直角方向に回転させるための位相板を少なくとも構成要素とし、前記光源からの出射光は一方の回折光学素子に入射し、偏波成分（P 波もしくは S 波）毎に透過または回折され、回折波は他方の回折光学素子に入射してさらに回折されて出射し、

1 組の回折光学素子の透過波または回折波のいずれか一方の光路中に位相板が配置された構成において、

1 組の回折光学素子により透過または回折された後の光束が略平行光束となるように 1 組の回折光学素子が配置されていることを特徴とする偏光照明装置。

【請求項 2 7】前記 1 組の回折光学素子の光波の入射面が互いに概ね平行であり且つ前記光源からの出射光の光軸に垂直な面に対し、前記 1 組の回折光学素子の傾き角が  $45^\circ$  以下であることを特徴とする請求項 5 記載の偏光照明装置。

【請求項 2 8】前記 1 組の回折光学素子から出射された略平行光束の偏光方向が概ね等しいことを特徴とする請求項 5 記載の偏光照明装置。

【請求項 2 9】光源からの出射光を偏波成分（P 波もしくは S 波）毎に透過または回折する回折光学素子と前記回折波をさらに回折するもう 1 つの回折光学素子の組と、

前記 1 組の回折光学素子の透過波または回折波のいずれか一方の光路中に配置

された位相板とが 1 つの構成単位である時、前記 1 組の回折光学素子と位相板からなる構成単位が複数隣接して並んで配置されていることを特徴とする偏光照明装置。

【請求項 3 0】前記複数の構成単位から出射された光束が略平行光束であって且つ偏光方向が概ね揃っていることを特徴とする請求項 8 記載の偏光照明装置。

【請求項 3 1】前記位相板は入射する光波の偏光方向を概ね直角方向に回転させる機能を有することを特徴とする請求項 8 記載の偏光照明装置。

【請求項 3 2】前記複数の構成単位を形成する前記 1 組の回折光学素子の光波の入射面が互いに概ね平行であり且つ前記光源からの出射光の光軸に垂直な面に対し前記 1 組の回折光学素子の傾き角が  $45^\circ$  以下であることを特徴とする請求項 8 記載の偏光照明装置。

【請求項 3 3】前記回折光学素子は屈折率異方性を有する光学媒体を用いて周期構造が形成されており、入射光の 1 方向の偏波成分（P 波もしくは S 波）に対し前記周期構造に対応した屈折率分布を生じ、この屈折率差により光の回折を生じ且つ前記入射光に対し概ね直交する成分（S 波もしくは P 波）に対しては優

先的に直進する機能を有していることを特徴とする請求項 1、2、5、8 のいずれかに記載の偏光照明装置。

【請求項 3 4】前記回折光学素子の周期構造が屈折率異方性を有する光学媒体の光軸の傾斜により形成されていることを特徴とする請求項 1 2 記載の偏光照明装置。

【請求項 3 5】前記回折光学素子が一様に配列された液晶を含んで構成され、且つ光重合性モノマーまたは光架橋可能液晶ポリマーが添加され、紫外領域の光照射に対し、液晶の分子軸の方向が固定化されることを特徴とする請求項 1 2 記載の偏光照明装置。

【請求項 3 6】前記回折光学素子は異なった複数の周期構造が重畳して形成された構造を含むことを特徴とする請求項 1、2、5、8 のいずれかに記載の偏光照明装置。

【請求項 3 7】前記回折光学素子は複数の異なった周期構造の回折光学素子の積層構造を含むことを特徴とする請求項 1、2、5、8 のいずれかに記載の偏光照明装置。

【請求項 3 8】請求項 1、2、5、8 のいずれかに記載の偏光照明装置に複数のレンズを配置して構成される第 1 レンズアレイと前記第 1 レンズアレイと対をなす第 2 レンズアレイとライトバルブと前記ライトバルブ上の光学像を拡大投写する投写光学系とを少なくとも組み合わせ構成したことを特徴とする投写型表示装置。

【請求項 3 9】光源からの光束を概ね R（赤）、G（緑）、B（青）に対応する波長が異なる 3 つの光束に色分解し、

前記波長が異なる光束に対して異なった形成波面を有する回折光学素子を用いて請求項 1、2、5、8 のいずれかに記載の偏光照明装置を構成し、

これに複数のレンズを配置して構成される第 1 レンズアレイと前記第 1 レンズアレイと対をなす第 2 レンズアレイとライトバルブと前記ライトバルブ上の光学像を拡大投写する投写光学系とを少なくとも組み合わせ構成したことを特徴とする投写型表示装置。

【請求項 4 0】光源と画素を形成すべくパターンニングされた透明導電性電極を具備した対向する 2 枚の透明絶縁性基板で挟まれた液晶層を有する液晶素子と液晶素子の両側に配置された回折光学素子とを少なくとも含んで構成され、

光源からの出射光は一方の回折光学素子に入射し回折され、前記回折光学素子への入射光量の概ね  $1/2$  が液晶素子に入射し、

前記液晶素子の各画素毎に変調され、

前記変調度に応じて他方の回折光学素子を通過後の光の伝搬方向が異なる作用により画像表示を行うことを特徴とする画像表示装置。

【請求項 4 1】画素を形成すべくパターンニングされた透



明導電性電極を具備した対向する 2 枚の透明絶縁性基板で挟まれた液晶層を有する液晶素子と液晶素子の片側に配置されたミラー及び回折光学素子とを少なくとも含んで構成され、

外部光による前記回折光学素子への入射光が回折され、前記液晶素子を通過し、前記ミラーにより反射され再び液晶素子を通過することで液晶素子の各画素毎に変調され、

前記変調度に応じて前記回折光学素子を出射後の光の伝搬方向が異なる作用により画像表示を行うことを特徴とする画像表示装置。

【請求項 4 2】光源と画素を形成すべくパターンニングされた透明導電性電極を具備した対向する 2 枚の透明絶縁性基板で挟まれた液晶層を有する液晶素子と液晶素子の片側に配置されたミラーと液晶素子の両側に配置された回折光学素子とを少なくとも含んで構成され、

光源からの出射光は一方の回折光学素子に入射し回折され、

前記回折光学素子への入射光量の概ね  $1/2$  が液晶素子に入射し、前記液晶素子の各画素毎に変調され、

前記変調度に応じて他方の回折光学素子を通過後の光の伝搬方向が異なる作用により画像表示が行われ、また、外部光による前記回折光学素子への入射光が回折され、前記液晶素子を通過し、前記ミラーにより反射され再び液晶素子を通過することで液晶素子の各画素毎に変調され、

前記変調度に応じて前記回折光学素子を出射後の光の伝搬方向が異なる作用により画像表示が行われる構成において、

内部に配置された前記光源と外部光とを選択的に切り換えて画像表示を行うことを特徴とする画像表示装置。

【請求項 4 3】前記回折光学素子は屈折率異方性を有する光学媒体を用いて周期構造が形成されており、入射光の 1 方向の偏波成分（P 波もしくは S 波）に対し前記周期構造に対応した屈折率分布を生じ、この屈折率差により光の回折を生じ且つ前記入射光に対し概ね直交する成分（S 波もしくは P 波）に対しては優先的に直進する機能を有していることを特徴とする請求項 1 ～ 3 のいずれかに記載の画像表示装置。

【請求項 4 4】前記回折光学素子の一方は入射光の偏波成分の P 波を回折し、S 波を優先的に直進する機能を有し、前記回折光学素子の他方は S 波を回折し、P 波を優先的に直進する機能を有することを特徴とする請求項 3 ～ 4 のいずれかに記載の画像表示装置。

【請求項 4 5】前記回折光学素子の周期構造が屈折率異方性を有する光学媒体の光軸の傾斜により形成されていることを特徴とする請求項 4 に記載の画像表示装置。

【請求項 4 6】前記回折光学素子が一様に配列された液晶を含んで構成され、且つ光重合性モノマーまたは光架橋可能液晶ポリマーが添加され、紫外領域の光照射に対

し、液晶の分子軸の方向が固定化されることを特徴とする請求項 4 に記載の画像表示装置。

【請求項 4 7】前記液晶層に形成された各画素に印加する電界を制御することで、各画素への入射光の変調が行われることを特徴とする請求項 1 ～ 3 のいずれかに記載の画像表示装置。

【請求項 4 8】前記回折光学素子は異なった複数の周期構造が重畳して形成された構造を含むことを特徴とする請求項 1 ～ 3 のいずれかに記載の画像表示装置。

【請求項 4 9】前記回折光学素子は複数の異なった周期構造の回折光学素子の積層構造を含むことを特徴とする請求項 1 ～ 3 のいずれかに記載の画像表示装置。

【請求項 5 0】請求項 1 ～ 3 のいずれかに記載の画像表示装置において前記液晶素子の片側に赤（R）、緑（G）、青（B）からなるカラーフィルタを組み合わせて構成したことを特徴とする画像表示装置。

【請求項 5 1】請求項 1、3、10 のいずれかに記載の画像表示装置において、前記回折格子からの出射光を概ね 2 つの方向に分割し、一方を画像表示用に他方を照明光用として用いる構成としたことを特徴とする画像表示装置及び照明装置。

【請求項 5 2】光源と画素を形成すべくパターンニングされた透明導電性電極を具備した対向する 2 枚の透明絶縁性基板で挟まれた液晶層を有する液晶素子と液晶素子の一方の側に屈折率異方性を有する回折光学素子と入射する光波の偏光方向を概ね直角方向に回転させるための位相板とを有し、更に液晶素子の他方の側に配置された屈折率異方性を有する回折光学素子とを少なくとも含んで構成され、前記光源からの出射光は前記回折光学素子と位相板により概ね等しい偏波成分（P 波もしくは S 波）に変換され液晶素子に入射し、前記液晶素子の各画素毎に変調され、前記変調度に応じて他方の回折光学素子を通過後の光の伝搬方向が異なる作用により画像表示を行うことを特徴とする画像表示装置。

【請求項 5 3】請求項 1、2、3、11、12、13 のいずれかに記載の画像表示装置に前記画像表示装置からの光学像を拡大表示する拡大光学系を少なくとも組み合わせて小型画像表示装置を構成したことを特徴とする小型画像表示装置。

【請求項 5 4】印加される電圧に応じて、入射した光の偏光方向を変調する液晶素子と、上記液晶素子の両面側にそれぞれ配置され、所定の偏光成分を選択的に回折させる一方、上記所定の偏光成分と偏光方向が直交する偏光成分を透過させる第 1 および第 2 の 1 対の回折光学素子とを備えたことを特徴とする画像表示装置。

【請求項 5 5】請求項 1 の画像表示装置であって、上記第 1 の回折光学素子は、外方側から入射する光束のうち、透過した偏光成分または回折した偏光成分のうちの何れか一方を上記液晶素子に入射させる一方、

上記第 2 の回折光学素子は、上記液晶素子から出射した光束における上記第 2 の回折光学素子を透過する偏光成分と上記回折光学素子によって回折される偏光成分とを、互いに異なる方向に出射させるように構成されていることを特徴とする画像表示装置。

【請求項 56】請求項 2 の画像表示装置であって、さらに、光源を備え、

上記第 1 の回折光学素子は、上記光源からの光束における上記回折光学素子を透過した偏光成分を上記液晶素子に入射させるように構成されていることを特徴とする画像表示装置。

【請求項 57】請求項 2 の画像表示装置であって、さらに、上記第 1 の回折光学素子の法線方向に配置された光源を備え、

上記第 1 の回折光学素子は、上記光源からの光束における上記回折光学素子を透過した偏光成分を上記液晶素子に入射させるように構成されていることを特徴とする画像表示装置。

【請求項 58】請求項 2 の画像表示装置であって、さらに、上記第 1 の回折光学素子の法線方向から傾いた方向に配置された光源を備え、

上記第 1 の回折光学素子は、上記光源からの光束における上記第 1 の回折光学素子により回折された偏光成分を上記液晶素子に入射させるように構成されていることを特徴とする画像表示装置。

【請求項 59】請求項 2 の画像表示装置であって、さらに、

上記第 1 の回折光学素子の外方側に所定の間隔を空けて設けられた反射手段と、

上記第 1 の回折光学素子と上記反射手段との間隔を介して、上記回折光学素子の法線から傾いた方向から上記回折光学手段に光束を入射させる光源とを備え、

上記第 1 の回折光学素子は、上記光源から入射する光束における上記第 1 の回折光学素子により回折された偏光成分、および上記反射手段から入射する上記第 1 の回折光学素子を透過する偏光成分を上記液晶素子に入射させるように構成されていることを特徴とする画像表示装置。

【請求項 60】印加される電圧に応じて、入射した光の偏光方向を変調する液晶素子と、

上記液晶素子の一方面側に配置され、所定の偏光成分を選択的に回折させる一方、上記所定の偏光成分と偏光方向が直交する偏光成分を透過させる回折光学素子と、上記液晶素子の他方面側に配置された反射手段とを備えたことを特徴とする画像表示装置。

【請求項 61】請求項 1 ないし請求項 7 の画像表示装置であって、

前記回折光学素子は屈折率異方性を有する光学媒体を用いて周期構造が形成されており、入射光における P 波および S 波のうちの何れか一方の偏波成分に対し前記周期

構造に対応した屈折率差を生じ、上記屈折率差により光の回折を生じ且つ前記入射光に対し概ね直交する成分に対しては優先的に直進する機能を有していることを特徴とする画像表示装置。

【請求項 62】請求項 1 ないし請求項 7 の画像表示装置であって、

前記回折光学素子の一方は入射光の偏波成分の P 波を回折し、S 波を優先的に直進する機能を有し、前記回折光学素子の他方は S 波を回折し、P 波を優先的に直進する機能を有することを特徴とする画像表示装置。

【請求項 63】請求項 8 の画像表示装置であって、前記回折光学素子の周期構造が屈折率異方性を有する光学媒体の光軸の傾斜により形成されていることを特徴とする画像表示装置。

【請求項 64】請求項 8 の画像表示装置であって、前記回折光学素子が一様に配列された液晶を含んで構成され、且つ光重合性モノマーまたは光架橋可能液晶ポリマーが添加され、紫外領域の光照射に対し、液晶の分子軸の方向が固定化されることを特徴とする画像表示装置。

【請求項 65】請求項 1 ないし請求項 7 の画像表示装置であって、

前記回折光学素子は異なった複数の周期構造が重畳して形成された構造を含むことを特徴とする画像表示装置。

【請求項 66】請求項 1 ないし請求項 7 の画像表示装置であって、

前記回折光学素子は複数の異なった周期構造の回折光学素子の積層構造を含むことを特徴とする画像表示装置。

【請求項 67】請求項 1 ないし請求項 7 の画像表示装置であって、

さらに、前記液晶素子の何れか一方側に赤、緑、および青の領域が形成されたカラーフィルタを備えたことを特徴とする画像表示装置。

【請求項 68】請求項 1 ないし請求項 7 の画像表示装置であって、さらに、

表示画像を拡大表示する拡大光学手段を備えたことを特徴とする画像表示装置。

【請求項 69】光源と画素を形成すべくパターンニングされた透明導電性電極を具備した対向する 2 枚の透明絶縁性基板で挟まれた液晶層を有する液晶素子と液晶素子の一方の側に屈折率異方性を有する回折光学素子と入射する光波の偏光方向を概ね直角方向に回転させるための位相板とを有し、更に液晶素子の他方の側に配置された屈折率異方性を有する回折光学素子とを少なくとも含んで構成され、前記光源からの出射光は前記回折光学素子と位相板により概ね等しい偏波成分（P 波もしくは S 波）に変換され液晶素子に入射し、前記液晶素子の各画素毎に変調され、前記変調に応じて他方の回折光学素子を通過後の光の伝搬方向が異なる作用により画像表示を行うことを特徴とする画像表示装置。

【請求項 7 0】偏光を放射するレーザ、前記レーザから出射するレーザ光を光記憶媒体上に収束するための光学レンズ、前記光記憶媒体によって反射されるレーザ光の偏光方向を出射時の光の偏光方向に対して概ね直角方向に回転させるための位相板、前記反射光の光路中に配置され所定波面を生成する回折光学素子、及び前記回折光学素子で回折される光を検出するための受光素子を少なくとも構成要素とする光情報処理装置に使用される回折光学素子であって、前記回折光学素子が屈折率異方性を有する光学媒体を用いて形成されており、且つ前記光記憶媒体によって反射され、前記回折光学素子を透過後のレーザ光の全光量に対し 1 次の方向に回折される光量の割合が概ね  $1/2$  以上となるように所定波面が形成されていることを特徴とする回折光学素子。

【請求項 7 1】厚さ方向に周期的構造を有し入射光の 1 方向の偏波成分に対し前記周期構造に対応した屈折率分布を生じ、この屈折率差により光の回折を生ぜしめ、且つ前記入射光の偏波成分に対し直交する成分に対しては優先的に直進させる機能を有することを特徴とする請求項 1 記載の回折光学素子。

【請求項 7 2】厚さ方向に周期的構造を有し、前記周期的構造が屈折率異方性を有する光学媒体の光軸の傾斜により形成されていることを特徴とする請求項 2 記載の回折光学素子。

【請求項 7 3】一様に配列された液晶を含んで構成され、且つ光重合性液晶モノマーまたは光架橋可能液晶ポリマーが添加され、紫外領域の光照射に対し、液晶の分子軸の方向が固定化されることを特徴とする請求項 2 記載の回折光学素子。

【請求項 7 4】前記回折光学素子に入射するレーザの放射光の偏光方向が屈折率異方性を有する光学媒体の光軸と概ね平行または垂直であることを特徴とする請求項 1 記載の回折光学素子。

【請求項 7 5】対向する 2 枚の透明導電性電極を具備した透明絶縁性基板で挟まれた領域に屈折率異方性を有する光学媒体が封入され、前記透明導電性電極上には高分子からなる配向処理が施された薄膜が形成された構造を有する回折光学素子の製造方法であって、紫外の波長域の 2 分割された光を前記回折光学素子上において干渉させ、周期的な強度分布に対応する明部と暗部からなる干渉縞を生ぜしめ、干渉縞の明部に属する領域の光学媒体の光軸を初期配向された方向に固定化する第一の工程と、前記透明導電性電極間に電界を印加し、前記干渉縞の暗部に属する領域の光学媒体の光軸を初期配向された方向から移動させた状態で、前記回折光学素子の全面に均一な紫外領域の光照射を行うことで光軸方向を固定化する第二の工程を含むことを特徴とする回折光学素子の製造方法。

【請求項 7 6】前記回折光学素子に印加される電界は、正極と負極が交互に生じる交流電界からなることを特徴

とする請求項 6 記載の回折光学素子の製造方法。

【請求項 7 7】対向する 2 枚の透明絶縁性基板で挟まれた領域に屈折率異方性を有する光学媒体が封入され、前記透明絶縁性基板には高分子からなる配向処理が施された薄膜が形成された構造を有する回折光学素子の製造方法であって、

紫外の波長域の 2 分割された光を前記回折光学素子上において干渉させ、周期的な強度分布に対応する明部と暗部からなる干渉縞を生ぜしめ、干渉縞の明部に属する領域の光学媒体の光軸を初期配向された方向に固定化する第一の工程と、前記透明絶縁性基板間に磁界を印加し、前記干渉縞の暗部に属する領域の光学媒体の光軸を初期配向された方向から移動させた状態で、前記回折光学素子の全面に均一な紫外領域の光照射を行うことで光軸方向を固定化する第二の工程を含むことを特徴とする回折光学素子の製造方法。

【請求項 7 8】対向する 2 枚の透明絶縁性基板で挟まれた領域に屈折率異方性を有する光学媒体が封入され、透明絶縁性基板には高分子からなる薄膜が形成された構造を有する回折光学素子の製造方法であって、

1 方向の偏波成分を有する紫外の波長域の 2 分割された光を前記回折光学素子上において干渉させ、周期的な強度分布に対応する明部と暗部からなる干渉縞を生ぜしめ、干渉縞の明部に属する領域の光学媒体の光軸を前記偏波成分の偏光方向に依存する一様な方向に配列し固定化する第一の工程と、前記回折光学素子の全面に前記偏波成分に対して概ね直交する方向に偏光方向を有する均一な紫外領域の光照射を行うことで、前記光学媒体の光軸方向を初期位置から移動し固定化する第二の工程を含むことを特徴とする回折光学素子の製造方法。

【請求項 7 9】前記屈折率異方性を有する光学媒体が一様に配列された液晶を含んで構成され、且つ光重合性液晶モノマーまたは光架橋可能液晶ポリマーが添加されていることを特徴とする請求項 6、8、9 のいずれかに記載の回折光学素子の製造方法。

【請求項 8 0】前記回折光学素子に照射される干渉縞は He-Cd レーザまたは Ar レーザからなる可干渉性の高い光源であって、300nm から 400nm の範囲の波長領域であることを特徴とする請求項 6、8、9 のいずれかに記載の回折光学素子の製造方法。

【請求項 8 1】前記回折光学素子への光照射による周期構造の形成が前記回折光学素子表面の分割された領域毎に複数回行われることを特徴とする請求項 6、8、9 のいずれかに記載の回折光学素子の製造方法。

【請求項 8 2】前記回折光学素子への光照射を複数回行うことにより、回折光学素子内に異なった周期構造が重畳して形成されることを特徴とする請求項 6、8、9 のいずれかに記載の回折光学素子の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、入射光束の波面を変換するホログラム素子及び該ホログラム素子を用いて構成される画像表示装置に関するものである。

【0002】また、入射光束を異なる偏光成分に分離する偏光分離素子及びそれを用いて構成され、画像を投写して表示する投写型画像表示装置に関するものである。

【0003】また、偏光分離素子を用いて偏光方向が揃った均一な照明光を得る偏光照明装置及び偏光照明装置から出射された偏光光をライトバルブにより変調して映像を拡大表示する投写型表示装置に関するものである。

【0004】また、画像表示用のモニター、携帯情報端末用の表示装置、車載用または個人ユース用のヘッドアップディスプレイ、及び道路交通標識または情報表示等を使用される画像表示装置および照明光用の照明装置に関するものである。

【0005】また、レーザ光を用いて光ディスクや光磁気ディスク等の光記憶媒体に記録される情報の記録や読み出し等を行うための光ヘッドや光ピックアップ等を含む光情報処理装置及びそれに使用される回折光学素子に関するものである。

【0006】

【従来の技術】まず、従来のホログラム素子について説明する。

【0007】近年、可干渉な二光束を干渉せしめることで干渉稿を形成し、該干渉稿を重クロム酸ゼラチンやフォトリソマーなどに記録せしめ、記録した光束の波面を再生可能なホログラム素子の開発が盛んである。

【0008】ホログラム素子の応用分野としては、例えば参考文献、久保田敏弘著、「ホログラフィ入門」に記載されているように干渉計測、ホログラフィック光学素子、パターン認識などの光情報処理、ホログラフィックディスプレイなどがある。

【0009】ホログラム素子を画像表示の分野に応用する場合には、単に3次元画像を表示するだけでなく、種々の応用が考えられている。

【0010】以下では、(1)光スイッチ、(2)直視タイプの液晶パネルに用いられている例について説明する。

【0011】それではまず光スイッチについて説明する。例えば、従来例1の特開平5-173196号公報では、干渉稿を形成せしめる光束の波長により硬化する高分子材料と該光束の波長で非硬化な液晶の混合物に干渉稿を照明し、いわゆる光誘起相分離によって、硬化された高分子材料からなる領域と、非硬化な液晶からなる領域を形成し、該非硬化な液晶を印加電圧により制御することで、入射光束の回折/直進を制御する光スイッチが開示されている。

【0012】同様の例はこれまでも多数開示されており、例えばアブライド・フィジックス・レター、第64巻、第9号、1074~1076頁、1994年(以

下、従来例2と略記する)では、回折効率を制御できるホログラム素子として開示されている。

【0013】この例にあつては、従来例1と同様に、特定の波長により硬化する高分子材料と、この特定の波長では硬化しない液晶材料との混合物に該波長の二光束干渉稿を照明し、干渉稿の光強度の強い部分に高分子材料を、干渉稿の光強度の弱い部分に該液晶材料が各々多く含まれる領域を形成することで作製される。

【0014】また、スイッチング可能ではないが、二光束干渉露光による光誘起相分離を用いて形成されるホログラム素子として、特願平8-162647号(以下、従来例3と略記する)、特開平9-324259号公報(特願平8-142533号以下従来例4と略記する)をはじめとして多数の例が開示されている。

【0015】このような光誘起相分離現象を用いて作製されるホログラム素子は、二光束干渉露光だけではなく、例えば液晶討論会'97予稿集86頁~87頁(以下、従来例5と略記する)に開示されているように、紫外線硬化樹脂と液晶材料の混合物を適当な割合で混合した後、導電性透明電極を形成したガラス基板を用いて構成したセルに該混合物を注入後、グレーティングパターンのフォトマスクを介して紫外線を照射して作製される場合もある。

【0016】以上の各例は、光誘起相分離を用いて屈折率の異なる領域を形成しているが、この技術は、例えばシャープ技報、第63号、14頁~17頁、1995年12月(以下、従来例6と略記する)に開示されているように、液晶パネルの視野角を広くするためのマイクロセル構造を作製するためにも用いられている公知技術である。

【0017】この例にあつては、光硬化性樹脂と液晶の混合物に、格子状の光(波長は該光硬化性樹脂を硬化せしめる波長)を照明し、光誘起相分離現象により、各画素を囲むマイクロセル構造を形成している。それにより液晶領域内で液晶分子が、自己配向力により光硬化反応で安定化せしめた軸対称状に配向され、広い視野角と高いコントラストを実現している。

【0018】それでは次に、直視タイプの液晶パネル19のバックライトユニットに応用している例について、図1を参照しながら説明する。直視タイプの液晶パネルは透過型、反射型に分けられるが、以下では、透過型を例に説明する。例えば、特開平9-178949号公報(以下、従来例7と略記する)に開示されているように、図1の画像表示装置は、光源である冷陰極管(以下、CCFTと略記する)23からの光を導光体21の端面から入射し、導光体21の裏面側に形成したホログラム素子30及び反射ミラー23によって透過型の液晶パネル19側へ出力せしめるもので、ホログラム素子30は反射型のホログラムである。

【0019】上記構成により、部品点数の削減、軽量

化、コストの削減を図ると同時に、明るさの均一性及び効率が高く、かつ指向性を有するバックライトユニットとして用いることができる。この機能はホログラム素子 30 を微小ホログラムの集合体とすることで実現されている。すなわち、モザイク状の微小ホログラムは、互いに異なる入射波長、及び入射角に対して最大回折効率を示すように作製されている。

【0020】また、同様の構成において、例えば特開平 9-127894 号公報（以下、従来例 8 と略記する）に開示されているように、該反射型のホログラムの面積密度を、光源から離れるに従って高くすることによって、より一層の明るさの均一性が実現される例が開示されている。

【0021】このほかにも、例えば、プロシーディングス・オブ・インターナショナル・ディスプレイ・ワークショップ'97、411 ページ～414 ページ（以下、従来例 9 と略記する）、または特開平 9-138396 号公報（以下、従来例 10 と略記する）に開示されているように、反射型液晶パネルの反射板として用いられ、入射光束を液晶基板に概ね垂直な方向に選択的に、かつ特定の立体角内に概ね反射（回折）せしめ、視野角は狭いものの明るい画像表示を行う応用が考えられている。このホログラム素子は、いわゆる反射型の体積ホログラムである。

【0022】尚、従来例 7～従来例 10 では、材料としては一般的なフォトリソを用いており、常に上述の反射を行うホログラム素子である。

【0023】次に画像表示装置について説明する。

【0024】近年、従来の直視型テレビでは大型化が困難であることから、高輝度ランプからの照明光束を変調する画像表示手段の出力画像を拡大投写する投写型画像表示装置の開発が進められている（例えば、オーブラス、1993 年 8 月号、58 頁～101 頁）。

【0025】図 6 は従来の一般的な投写型画像表示装置の構成を示すものであり、画像表示手段として液晶パネルを用いた構成例を示す。ランプ 2 からの出力光 3 をリフレクター 4 で反射し、出力光束 5 を集光光学系（不図示）により集光、伝搬し、色分離のためのダイクロイックミラー 12、13 により赤色、緑色、青色の 3 原色に分離し、全反射ミラー 14、コンデンサーレンズ 15 を介して液晶パネル 16～18 に入射せしめる。液晶パネル 16～18 により変調された出力光は、色合成のためのダイクロイックプリズム（不図示）もしくは、ダイクロイックミラー 19、20 及び全反射ミラー 14 により合成され、投写レンズ 9 によりスクリーン（不図示）上に拡大投写される。

【0026】液晶パネル 16～18 は、主に透過型、反射型に区別されるが、いずれも偏光板もしくは偏光ビームスプリッター（以下 PBS と略記する）を介して入射される特定の直線偏光光を、液晶材料により変調すること

により画像を表示する。

【0027】また液晶パネル 16～18 は一般的には各画素を駆動するためのスイッチング素子として薄膜トランジスタ（以下 TFT と略記する）を各画素に配置したアクティブマトリックス方式が主流であり、TFT は多結晶ポリシリコンで形成されるのが一般的である。

【0028】ランプ 2 としては、発光効率が高く、発光体の体積が小さく高輝度で、演色性の高いランプが求められており、メタルハライドランプ、キセノンランプ、超高圧水銀ランプなどが用いられている。

【0029】リフレクタ 4 としては、反射後の光束 5 を有効に活用しやすいことから、放物面鏡、楕円面鏡、球面鏡等が用いられており、発光体がそれら反射鏡の焦点もしくは第一焦点もしくは中心に配置される場合が多い。現在の主流は放物面鏡を用い、その焦点近傍にランプの発光体を設置し、略平行な光束を得る方式である。

【0030】近年の投写型画像表示装置においては、全白信号を表示した際の、（1）投写画像の中央部の明るさと周辺部の明るさを均一にする、（2）投写される全光束（ルーメン）をランプの消費電力（ワット）で除した値として定義される投写効率（ルーメン／ワット）を向上する、ことが開発の主な課題であり、（1）についてはインテグレート導入により、（2）についてはインテグレートと発光体の小さな高輝度ランプとを組み合わせることに加えて、さらに偏光変換素子を組み合わせることによる解決が試みられている。

【0031】それではまずインテグレートについて説明する。インテグレートとは、例えば特開平 3-111806 号公報、特開平 5-346557 号公報に開示されているように、微小レンズを 2 次元に配置して構成される蠅の目レンズを 2 種類組み合わせる構成される。インテグレートの具体的構成例を図 7 に示す。リフレクタ 4 及び第 1 の蠅の目レンズ 49 によって、ランプ 2 の発光体の像は、第 1 の蠅の目レンズ 49 の各レンズに対応する第 2 の蠅の目レンズ 50 の各レンズ上に結像される。第 2 の蠅の目レンズ 50 の各レンズは第 1 の蠅の目レンズ 49 の像を画像表示手段 7 上に結像するような構成となっている。

【0032】上記構成により、第 2 の蠅の目レンズ 50 の各レンズが画像表示手段 7 上に結像する像は、リフレクタ 4 から出力される輝度分布の大きな出力光を第 1 の蠅の目レンズ 49 の各レンズにより細かく分割し、それらを画像表示手段 7 上に重ね合わせた結果となる。このような原理により投写画像における画像中央部に対する周辺部の明るさを 70% 以上に高くすることが可能となっている。

【0033】また、インテグレート導入により、投写効率も向上せしめることができる。一般にリフレクタ 4 により反射された光束 5 は略円形であるが、画像表示手段 7 は例えば 4 : 3 の長方形である。それゆえ画像表示

手段7を円形に照明する場合には円に内接する長方形の面積比しか有効に活用されなかった。これを矩形変換効率と呼び、4:3の長方形を外形とする画像表示手段7を用いる場合には、矩形変換率は、約61%であった。しかしながらインテグレータの第1の蠅の目レンズ49に用いるレンズの開口形状を特開平5-346557号公報の図2に開示されているように4:3として配置することにより、約80%に向上することが可能となっている。

【0034】次に、偏光変換素子について説明する。前述の液晶パネルのような偏光表示手段を用いた投写型画像表示装置においては、ランプの出力光の中で、特定方向の偏光成分しか有効に活用できないという欠点があり、投写効率が低く、明るい画像を得るためには出力の大きな光源を用いなければならない等の課題があった。偏光変換素子はこうした課題を解決することを目的として開発され、偏光板で吸収される偏光成分もしくはPBSで液晶パネルに入射されない偏光成分を、該偏光成分に対し概ね直交する偏波面を持つ偏光成分に有効に変換するものである。

【0035】偏光変換素子は例えば、特開平5-107505号公報、特開平6-20294号公報、特開平7-294906号公報、特開平8-234205号公報、特開平9-105936号公報等多数開示されているが、基本的には、偏光分離素子と、偏波面回転素子の組み合わせからなる。

【0036】図8に一般的な偏光変換素子58の構成図を示す。無偏光光（ランダムな偏光の光束）62を偏光分離素子60により互いに直交する偏光成分、すなわちP偏光光（偏光分離素子により反射されずに透過する紙面に平行な偏光方向を有する光束）63、S偏光光（偏光分離手段により反射され、紙面に垂直な偏光方向を有する光束）64に分離し、S偏光光64のみを反射手段60'（一般的に偏光分離手段60と同種の膜を用いる）により反射し、偏波面回転素子61によりP偏光光63'に変換する原理に基づいている。

【0037】近年では、レンズアレイ66との組み合わせで構成される場合が多く、前記五つの公開公報に記載の内容もレンズアレイ66との組み合わせにより使用することができるが、偏光分離素子の設置位置により若干構成が異なる。

【0038】一つの方式は、偏光変換素子58に入射する光束の幅をレンズアレイ66により略半分とし、偏光分離素子60にのみ光束を入射して偏光分離、偏波面回転を行う方式である（図9参照）。この場合、該レンズアレイ66をインテグレータを構成する蠅の目レンズとすることにより、前述のように投写画像の明るさの均一性を同時に確保する構成とすることが多い。すなわち、前記レンズアレイをインテグレータの第2の蠅の目レンズとした構成が考えられている。

【0039】一方、特開平6-202094号公報、特開平8-234205号公報に開示されているように、第1の蠅の目レンズのランプ側に偏光分離素子を設置し、偏光分離後の光束の出射角を偏光成分に応じて数度変えることにより、第2の蠅の目レンズ上で結像する位置を偏光成分毎に変え、一方の偏光成分のみ偏波面の回転を行う方式も考案されている。この方式の応用として、第1の蠅の目レンズと第2の蠅の目レンズの間に偏光分離素子を設置する構成も考えられている。

【0040】従来の偏光変換素子では、偏光分離素子としては誘電体層を複数積層してなる誘電体多層膜を用いている場合がほとんどである。偏光分離素子として偏光選択性を有するホログラム素子は従来から知られているが、該ホログラム素子をインテグレータと組み合わせて偏光変換素子を構成し、投写型画像表示装置の照明光学系に適用した例は開示されていない。

【0041】特開平8-234143号公報、米国特許第5161039号に開示されている偏光選択性を有するホログラム素子では、液晶ポリマー、あるいは非線形な光吸収効果を有するポリシランポリマー材料を用いることにより偏光選択性を有するものであり、各々の偏光に対してはいわゆる体積ホログラムとしての機能を有する。

【0042】また、プロジェクターの使用において、室内をあまり暗くしなくても認識できる明るい投写画像への要求が高いため、液晶ライトバルブの光利用効率を向上させることが重要である。照明領域の均一性を高める光学系として、特開平3-11180号公報または特開平5-346557号公報等には2枚のレンズ板を用いたインテグレータ光学系が開示されている。

【0043】これは原理的には露光機に使用されているものと同じで、光源からの平行光束を複数の矩形レンズによって分割し、各矩形レンズの像を各矩形レンズに1対1で対応するリレーレンズで液晶ライトバルブに重畳結像させるものである。

【0044】また、特開平6-202094号公報にはインテグレータ照明法に偏光変換法を組み合わせた照明光学系が提案されている。この概略図を図4に示す。光源1101からの出射光は液晶を用いた偏光分離素子に入射し、P波1106とS波1107に分離される。これらの光はインテグレータを構成する第1レンズ群1103と第2レンズ群1104により、第2レンズ1104の後方に配置された位相板1105の異なった位置にそれぞれ結像される。位相板1105は第2レンズ群を形成する1つのレンズの概ね半分の面積に1/2波長板が周期的に形成されている。

【0045】このため、例えば、この1/2波長板の位置に結像したP波1106は偏光方向が90°回転してS波となって出射する。S波1107は1/2波長板が形成されていない領域に結像され、そのまま透過する。



つまり、位相板 1105 を出射した後の光波は偏光方向が概ね等しくなる。

【0046】特開平 7-294906 号公報には、レンズ板とプリズムを組み合わせた偏光変換素子が報告されている。この概略を図 5 に示す。これは、アレイ状のレンズが形成されたレンズ板 1201 に入射した光波は光束が絞られて、プリズム 1202 に入射する。ここで S 波 1204 はそのまま通過し、P 波 1205 はプリズムで反射されて隣のプリズムに入射し、再び反射され 90° 角度を変化する。

【0047】そして、光路中に置かれた 1/2 波長板を通過して偏光方向を 90° 回転して S 波として出射する。以上のようにレンズ板 1201 とプリズム 1202 との組み合わせによってこれを出射した光波は偏光方向が揃った光束となる。

【0048】ここで、液晶素子の画像表示原理について図 9 を用いて説明する。例えば蛍光ランプやメタルハライドランプのような光源 901 から出射される光は、紙面に平行な偏光方向を有する P 波 902 と紙面に垂直な偏光方向を有する S 波から構成されている。この光束は偏光子 904 に入射し、特定の偏波成分が吸収され残りの成分が透過する。偏光子 904 では S 波の成分が吸収され、P 波が透過する構成となっている。偏光子 904 を透過した光は液晶素子 905 に入射することになる。

【0049】ここでは、液晶素子 905 として、入射面と出射面とで液晶分子の方向が 90° ねじれて構成されているツイストネマティック液晶を例に説明する。この液晶素子 905 にはパターンニングされた透明電極が形成されており各画面素毎に電界の印加が可能である。液晶を完全にスイッチングできるだけの電界が印加されている画素 (ON) は、液晶分子のねじれが解け、入射面に対して液晶分子が等方的に立った状態 (ホメオトロピック) になっている。このため、この画素に入射した P 波は変調を受けることなくその偏光状態を維持したまま液晶素子を通過する。

【0050】次に電界が印加されていない画素 (OFF) では液晶分子は入射面から出射面までの厚さ方向において 90° 液晶分子の角度がねじれた状態となっている。このため、この画素に入射した P 波成分は入射面から出射面までを通過する間に液晶のねじれに起因するツイストネマティック効果によりその偏波面を 90° 回転させる。従って、OFF 画素を通過した後、先の光は S 波となって出射することになる。

【0051】液晶素子を通過した後、通過位置に対応した画素の電界の有無により光の偏光方向が異なることになる。次に、これらの光は偏光子 906 に入射する。ここで偏光子 906 は先の偏光子 904 に対し、偏波成分を通過する軸方向が 90° 傾けて設定されている。つまり、偏光子 904 と 906 はクロスニコルに配置されている。このため、液晶素子を通過した光の内 P 波は偏光

子 906 で吸収され、S 波は偏光子 906 を通過することになる。

【0052】以上のように液晶素子の各画素を通過した光は、画素に印加される電界に応じて偏光方向が変調され、この結果として偏光子 906 を通過する光の強度が異なることになる。観察者 907 には、この偏光子 906 を通過する光の通過量が異なることになるため、各画素に対応する明暗のパターンとしての画像が認識されることになる。

【0053】また、各画素に印加する電界量を制御することで液晶を通過する光の偏光方向を先の P 波と S 波の状態の中間状態に設定することができるため中間調の表示も可能となる。

【0054】次に、光情報処理装置について説明する。

【0055】光ディスクや光磁気ディスク等の光記憶媒体に記憶される情報の記録や読み出しを行う光情報処理装置は、主に光源としての半導体レーザ、この半導体レーザから出射する光を光記憶媒体上に収束するためのレンズ、光記憶媒体上で反射されたレーザ光を受光素子に導くための回折光学素子としてのホログラム素子等から構成される。

【0056】一端、半導体レーザから放射された光はこのホログラム素子を透過し、結像レンズにより光記憶媒体としての光ディスクの表面に集光される。光ディスクの表面で記録情報に応じた強度で反射して広がる光は、再度レンズにより収束され一部は半導体レーザに戻り、一部は例えば 2 つの領域に分割されたホログラム素子により 2 方向に分割され、いくつかの領域に分割された受光素子に結像されて、ナイフエッジ法のような手法を用いて焦点ずれ、トラッキングずれ、及び情報信号の検出等が行われる。

【0057】以上のようにレーザからの出射光は往路と復路の 2 回、回折光学素子としてのホログラム素子を通過することになる。往路においてホログラム素子を通過後、光が強く回折されてしまうと光ディスクの表面に集光される光量が低下してしまい、ディスク上で充分な光強度が得られず信号情報の正確な検出に支障を来すことにもなりかねない。このため通常、ホログラム素子には往路と復路で回折効率が異なる機能が要求される。

【0058】光源である半導体レーザが偏光特性を有することもあって偏光方向による回折効率の選択性が用いられることが多い。具体的には、半導体レーザから放射された光の偏光方向に対しては回折作用を生じることなくそのまま透過し、その後ディスクとの光路中に 1/4 波長板のような位相板を配置し、ディスクにより反射され再度ホログラムを通過するときに偏光方向が初期に比べ 90° 回転するように設定する。この時、ホログラム素子は回折機能を生じ、これを通過した光は情報信号等の検出を行う受光素子へと導かれる。

【0059】このような偏光選択性を有するホログラム



は、屈折率異方性を有する光学媒体を用いて作製される。例えば、ニオブ酸リチウムのような屈折率異方性を有する光学媒体の表面の所定の領域にフォトリソグラフィやホログラフィック露光等によりマスクを形成し、表面の露出された領域に安息香酸等を用いてイオン交換を行う。すると、特定の偏光方向に対しては屈折率分布が生じず、一様な物体として取り扱うことができる。

【0060】しかしながら、先の偏光方向に対して直交する偏光方向の光に対してはマスクにより形成した領域に対応した屈折率分布を生じ、このパターンに対応した回折現象を生じることになる。このような特性を有するホログラム素子を用いて光情報処理装置は構成されている。

【0061】

【発明が解決しようとする課題】以上の従来例1～従来例6に開示された全てのホログラム素子は、常に屈折率異方性を有していない光学的に略等方的な光硬化型の高分子材料と、該光硬化型の高分子材料を硬化せしめる波長では硬化しない液晶材料（以下、非重合性液晶と略記する）との混合物によって形成され、それらが細かい領域を形成してなるものである。それゆえ、例えば従来例1にあっては、非重合性液晶のみの領域に電圧を印加して回折をさせぬようにしても、例えば斜めに入射した光束に対してはホログラムとして作用してしまうという欠点があった。この様子を図2および図3を用いて説明する。

【0062】従来のホログラム素子は、図2(a)に示したように光学的に略等方的な光硬化型高分子材料からなる領域1（屈折率を $n_1$ とする）と、非重合性液晶からなる領域2（液晶分子は図示したような屈折率異方性を有し、常光線、異常光線に対する屈折率を各々 $n_o$ 、 $n_e$ とする）により形成されている。

【0063】ここで $n_1$ と $n_o$ はほぼ等しい材料を選んでいる。電圧を透明導電性電極1（以下ITOと略記する）に印加し、領域2の液晶分子をスイッチングさせると、液晶分子はガラス基板2に対して略垂直に配列する。

【0064】この場合、垂直に入射した光束3に対しては、P偏光光（紙面に平行な偏光成分）、S偏光光（紙面に垂直な偏光成分）に対して光学的に等方（領域1、2共に屈折率がほぼ $n_o$ ）となるため、光束3は回折されず直進する。

【0065】領域2に電圧を印加しない場合には、図2(b)に示したように液晶分子がガラス基板2に略平行に配列し、領域2に屈折率異方性が生じる。

【0066】その結果、例えばP偏光光に対しては屈折率が $n_e$ 、 $n_1$ と交互に変化するホログラム素子として作用するのに対して、S偏光光に対しては全ての領域がほぼ屈折率 $n_o$ の等方媒体として作用する。それゆえ入射光束3の中でP偏光光4は回折され、S偏光光5は直

進する。

【0067】しかしながら図3(a)に示したように斜めに入射する光束3'に対しては、電圧を印加して液晶分子を垂直に配列させ入射光束を直進せしめるモードであっても、領域2には屈折率異方性が生じてしまう。すなわち、常光線（この場合S偏光光）に対しては屈折率 $n_o$ の等方媒体として作用するので直進させるが、異常光線（この場合P偏光光）に対しては領域2の屈折率が $n_e(\theta)$ となり、ホログラムとして入射光を回折してしまうのである。それゆえ、例えば光スイッチとして用いようとする、垂直入射以外では完全な制御ができないという欠点があった。

【0068】実際には、本来屈折率異方性を持たない光硬化型高分子材料を用いて領域1を形成しても、狭ギャップのガラス間に形成すると応力等により僅かではあるが屈折率異方性を発現する。しかしその差は小さいものであり本質的には上述の現象が現れる。

【0069】その僅かな屈折率異方性が問題になる場合もある。例えば、従来例6の場合にあっては、黒を表示する際に格子の部分が不連続な領域となり、高コントラストな画像を表示する際に特に目立ち、均一性を損なうという欠点があった。

【0070】以上詳細に述べた諸問題は、光学的に略等方的な光硬化型の高分子材料と、液晶材料の混合物を材料として、相分離を発現させた系においては常に発生する問題である。

【0071】一方、光硬化型の液晶として近年特に注目されている紫外線硬化型液晶と、数種類の非重合性液晶の混合物を用いて液晶高分子複合系の位相差フィルムを作製する例が報告されている（例えば'97液晶討論会予稿集168ページ～169ページ、1997年）。しかしながら上記例では、UV光を単純に全面にかつ均一に照射し、全面を一様に硬化せしめているのみであり、二光束干渉露光による光誘起相分離による干涉縞の形成、及び後述のように本発明の構成によって期待される斜めの入射光に対しても回折が生じない効果については何ら言及していない。

【0072】また、例えば特開平9-281330号公報、特開平9-288206号公報では、光硬化型液晶をストライプ状のITOを形成したセルに注入し、電圧を印加することで液晶分子の配向を部分的に異ならしめた状態で光硬化を行うことで回折素子を形成している。

【0073】しかしながら上記の例では、本質的に均質な液晶材料を用いて形成しており、非重合性液晶との混合物を用いることに関して何ら開示しておらず、異なる領域間の屈折率異方性は等しいが、スイッチング可能ではなく本質的に本発明とは異なるものである。

【0074】また、従来例7～従来例10で開示されている直視型の液晶パネルに応用している例では、ホログラム素子は常に前述の機能を実現するもので、必要に応

じてホログラム素子の機能を変える例は一切開示されていない。

【0075】また、従来の画像表示装置において、誘電体多層膜を用いて偏光分離手段を形成する場合には薄膜誘電体層を複数層積層するため、作製に時間がかかりコストが高いという欠点があった。

【0076】さらに複数のプリズムを張り合わせて形成され、接合面に誘電体多層膜を形成してなる特開平7-294906号公報、特開平9-105936号公報に開示された偏光分離素子においては、作製の困難さ、コストの高さ、接着剤の耐熱性等に問題があった。

【0077】特開平5-107505号公報、特開平8-234205号公報においては厚い平行平板もしくは直角プリズムを用いており、コンパクトな構成が困難であった。また、特開平6-20294号公報にあっては鋸歯状の形状の作製が困難であった。以上のように誘電体多層膜を用いた偏光分離素子はコストが高く、作製が困難であるという欠点があった。

【0078】また、特開平8-234143号公報、米国特許第5161039号に開示されている偏光選択性を有するホログラム素子を用いた偏光分離素子は、前述のように投写型画像表示装置における照明光学系として、インテグレートと組み合わせた偏光変換素子としての応用例は何ら開示されていない。仮に従来のホログラム素子を偏光分離素子として偏光変換素子に組み入れ、投写型画像表示装置に適用しようとしても以下の理由により高い効率を実現することが困難であった。

【0079】例えばインテグレートの第1の蠅の目レンズの前に偏光分離素子を設ける場合を考える。偏光分離素子に入射するのは、概ね略平行な光束である。これらの光束は当然ながら無偏光光である。この場合、偏光分離後偏光分離素子から出力され、互いに偏光方向が直交する二つの偏光光束の出射角の差は高々数度が好ましい。これは第1の蠅の目レンズの各微小レンズに対応する第2の蠅の目レンズの各微小レンズ上にランプの発光体の像を二つ結像せしめるからである。この角度差が大きすぎると第2の蠅の目レンズの各レンズの径を大きくせねばならなくなる。

【0080】すなわち、偏光分離素子としては、略平行光束を異なる偏光成分に分離後、各々を数度の角度差で出力せねばならない。このことはホログラム素子を作製する際の参照光と物体光の入射角度差を高々数度と小さくせねばならないことを意味する。しかしながら、一般に体積ホログラムの効率を使用に耐えうるまで十分高くするためには、参照光と物体光の入射角度の差は少なくとも20度以上は必要とされ、それ以下の角度差では体積ホログラムとしての効率が低くなる。それゆえ従来のホログラム素子を偏光分離素子として用いて、第1のタイプの偏光変換素子は構成できなかった。

【0081】また、回折素子としては、例えば特開平5

-173196号公報に開示されているように、通常のネマティック液晶を用いた例、あるいはジャパニーズ、ジャーナル、オブ、アプライド、フィジックス、第36巻、1997年、589-590頁に開示されているようにUV硬化型液晶を用いた例、あるいはケミカル、マテリアル1993年、第5巻、1533-1538項に開示されているようにポリマー分散液晶を用いた例も知られているが、上記公開公報に記載のものは単に偏光分離機能を有することを開示しているのみであり、偏光変換素子としての応用については何ら開示していない。

【0082】以上のように、従来の誘電体多層膜により形成された偏光分離素子を用いて、インテグレートと組み合わせた偏光変換素子を構成し、投写型画像表示装置に適用した場合には、(1)コストが高い、(2)作製が困難、(3)コンパクトな構成が困難等の問題点があった。

【0083】またホログラム素子には一般に、(1)入射角と出力角の差を大きくせねば効率が低いということから、(2)インテグレートと組み合わせ、投写型画像表示装置の偏光分離素子として使用することが困難であった。

【0084】さらに、従来の回折素子にあっては、  
1) 単に偏光分離機能を有することを開示されているにすぎず、  
2) インテグレートとの組み合わせについて何ら開示されておらず、投写型画像表示装置に適用できないものである。

【0085】また、液晶を用いた偏光分離素子では、ノコギリ状の溝を有するプリズム基板とガラス基板との間隙に液晶を挟んだ構成である。液晶は屈折率異方性を示すため、常光、異常光といった偏光方向により屈折率差が異なる。

【0086】先の偏光分離素子に入射した光波はノコギリ状の形状に対応した位相分布を生じ、位相型の回折格子として機能することになる。更に、偏光方向により液晶層を通過するときの屈折率差が異なる。このため、入射した光波の偏光方向によって、位相分布が異なるために常光と異常光、つまりP波とS波により回折される方向が異なって出射することになる。

【0087】第2レンズアレイ状でP波とS波を分離するため、分離可能な程度の回折角が必要となる。このため、偏光分離素子のノコギリ状のピッチを数十 $\mu\text{m}$ 程度に小さくする必要がある。このとき、ノコギリ状の傾きを均一に厳密に設計する必要がある。これは、ノコギリ形状の傾きが回折素子のブレース角に相当するため、この形状及び均一性が回折波の効率に影響する。つまり、ノコギリ状の溝が設計よりはずれてしまうと回折波が分散してしまい偏光分離素子による分離度が低下してしまうという課題が生じる。

【0088】ノコギリ状の溝の間隙の幅を大きくすれ

ば、ノコギリ形状のピッチを大きくでき加工が容易になる。この場合、分離角を元の場合と同程度維持使用とすれば、液晶のセルギャップを厚くする必要がある。しかしながら、厚いセルギャップに液晶を均一に配向させることは難しく白濁等の現象が生じ、偏光分離素子の透過度を減少させ光利用効率が低下するという問題が新たに生じる。

【0089】プリズムを用いた偏光分離素子では、一端レンズ板により光束を絞り1列置きにプリズムアレイに入射する。そして、プリズムは偏光ビームスプリッタの機能を有するため、例えばS波を透過しP波は直角に反射され、更に隣のプリズムで直角に反射され光の伝搬方向が先のS波と等しくなる。この後光路中に置かれた1/2波長板によって90°偏光方向が回転されP波となって出射する。

【0090】以上のような作用が各プリズム毎に行われるため、レンズ板に入射した光波は光束の幅を大きく変えることなく、偏光方向が揃った光束を得ることができる。プリズムは誘電体多層膜と屈折率マッチングをとるための液体または固体で回りを満たしたキューブ形状で構成される。偏光分離度を高めるためには誘電体多層膜を何重にも成膜する必要があり、製造コストは高価になる。また、分離膜は光の伝搬方向を90°曲げるため45°に配置している。このため、1つのプリズムを構成する分離膜の大きさによって厚さ方向の分離素子の大きさが固定され、素子を薄く小型にできないという課題が生じる。

【0091】本発明は、前記従来技術の課題を解決し、偏光選択制に優れ回折効率の高い回折光学素子を偏光分離素子として利用した光利用効率の高い偏光照明装置を提供すること及びこの偏光照明装置と投写光学系を組み合わせ明るい投写映像を形成することができる投写型表示装置を実現することを目的とする。

【0092】また、近年、カーナビゲーション用のモニターや個人でビデオや画像情報の視聴の目的のための持ち運び可能なディスプレイの用途が増加しているが、これらは、ヘッドアップディスプレイや、モバイルツールと呼ばれる携帯電話を始めとする携帯情報端末用の低消費電力タイプのディスプレイとして位置づけられている。このようなディスプレイに対して要求される共通の条件としては小型、軽量、薄型、低消費電力が上げられる。また、ヘッドアップディスプレイにおいては、表示画面と外界との切り換えを行う必要性もあり、画面が透明、つまり、シースルー画面であることが望ましい。

【0093】現在、以上のような要求に適しているディスプレイとしては液晶素子を用いたものが考えられる。液晶ディスプレイは従来のCRTのようなディスプレイに比べ、奥行き面積が少なく薄型化を実現することができる。また、画素サイズの小型化、大容量化やTFT素子の導入等により高精細化も進み、画質的にもますます

向上してきている。

【0094】しかしながら、通常、液晶素子を用いたディスプレイの画像表示原理は液晶素子に印加する電界の大きさにより入射する光の偏光方向を変調する。そして、液晶素子の前後にクロスニコルに配置した偏光子を組み合わせることで、入射光の偏光状態による偏光子の透過度の差を利用して明暗等の画像情報を表示するものである。

【0095】このような方式では、偏光子は吸収タイプであるため光の透過度はあまり高くない。更に、偏光子をクロスニコルに組み合わせ構成しているため、この偏光子の組み合わせのみの状態では光の透過度はほとんどなく黒の状態である。従って、画像表示と併せて、前記液晶パネルを通して外界の情報を得ることは困難であり、シースルータイプのヘッドアップディスプレイとしての利用はできないという問題がある。

【0096】また、偏光子は光の吸収により特定の偏波成分のみを透過させる構成であるため、偏光子により吸収された光は内部で熱に変換される。入射する光量が増加すると、偏光子内部での発熱の影響が無視できなくなり、偏光子の光変調作用の機能の低下や素子の劣化といった問題が生じてくる。

【0097】液晶ディスプレイはCRTのような自発光タイプのデバイスではないため、画像表示用に専用の光源を必要とする。液晶ディスプレイの消費電力の内、この光源用に使用される電力の割合が全体の半分程度を占め低消費電力化に対する壁となっている。このため、専用の照明用の光源を用いることなく画像を表示する方式が検討されている。このための方式として、自然光や室内の照明光のような外部光を光源として利用して液晶素子と反射板を組み合わせた反射型の画像表示装置がある。この構成によれば専用の光源を必要としないため、低消費電力化が可能となる。

【0098】上記の方式では照明光として用いる外部光の状態により画像の表示状態が変化することになる。例えば、夜間室内の照明光が暗い場合や照明光が使用できないような場所での画像情報の視聴は困難となる。このため、内部の光源としてのバックライトと外部光とを使用する場所や環境条件等にあわせて切り換えを行い、低消費電力化と画像情報の視聴の利便性とを兼ね備えたような構成が望ましい。

【0099】しかしながら、外部光を利用するためには液晶素子の全面に1枚の偏光子を置いた反射型の構成をとるのが適しており、内部の光源を利用するためには液晶素子の前後にクロスニコルに偏光子を配置した透過型の構成にするのが適している。この両方式を同時に満足させるためには、偏光子を2枚用いた構成をとることが考えられるが、吸収型の偏光子を用いた場合は透過度が低く、外部光による反射型での画像表示においては画面の輝度が著しく低下し画質が劣化する。従って、内部光

源と外部光との併用での使用は困難であるという課題がある。

【0100】本発明は、前記従来技術の課題を解決し、偏光選択性に優れ回折効率の高い回折光学素子を液晶素子と組み合わせて画像表示装置を構成し、シースルー型の表示が可能であり、また内部光源であるバックライトと外部光との併用ができる低消費電力型の画像表示装置を提供することを目的とする。更に、回折光学素子を屈折率分布に変調を持たせた透過型として用いることで、光の利用効率を高め、画像表示と同時に照明光用の照明装置としての多目的な応用を目指すものである。

【0101】一方、イオン交換等により作製された偏光選択性を有するホログラム素子を用いて光記憶媒体からの信号検出を行う場合、ホログラム素子の回折効率により信号検出は大きく影響される。具体的には、光ディスク等により反射され、位相板により偏光方向が初期と直交するように変化されてホログラム素子への入射する。

【0102】この時に、ホログラム素子の回折効率が低いと受光素子へ到達する光の強度が弱くノイズが増加し、正確な信号検出が困難となる。更に、回折されず透過した成分は光源である半導体レーザに照射されるため、半導体レーザへの戻り光量の増加によるレーザ発振の不安定性が起こり、光源自体でのノイズの発生等の課題が新たに生じてくる。

【0103】この課題を解決するためには、ホログラム素子の偏光選択性及び回折効率を向上させることが必要である。現在偏光選択性を有するホログラム素子として利用できる形態としては2次元の回折光学素子のタイプのものがある。これは、矩形の格子形状に対応するような屈折率分布を持たせ、入射する光の波長に対して隣合う格子毎に0と $\pi$ の位相差を生じさせる。これを通過する光は、この矩形格子の間隔に対応する特定方向に強められる結果として回折を生じる。

【0104】このような矩形格子からなるホログラム素子では、2次元のバイナリからなる形状のため回折波は左右対称に生じる。このため、回折強度が最も大きい1次の方向に集光される理想的な回折効率でさえ、40%程度に制限されるという課題がある。また、格子形状が設計値からずれた場合、0次光強度を始め1次光強度以外の高次に回折される強度割合が増加する。従って、必要とされる1次光強度が低下するばかりでなく高次に回折された光が半導体レーザへの戻り光として作用し、前述したようなレーザ発振に対しノイズを生じさせる原因となるという問題も生じてくる。

【0105】本発明は、前記従来技術の課題を解決し、偏光選択性に優れ回折効率の高い光情報処理装置に使用される回折光学素子及びこの素子の信頼性の高い製造方法を提供することを目的とする。

【0106】

【課題を解決するための手段】本発明は、材料の組成の

異なる複数の領域を有し、前記複数の領域は、少なくとも特定の波長により硬化しかつ屈折率異方性を有する光硬化型液晶からなる第1の領域と、該波長によって非硬化な液晶（以下、非重合性液晶と略記する）からなる第2の領域から形成され、前記光硬化型液晶の硬化後の常光線に対する屈折率及び異常光線に対する屈折率が前記非重合性液晶の常光線に対する屈折率及び異常光線に対する屈折率と各々略等しいことを特徴とする。

【0107】本発明は、少なくとも、入射光束に対して偏光異方性を有し、概ね第1の偏光成分のみ選択的に回折せしめる平板状の第1及び第2のホログラム素子からなり、前記第1のホログラム素子に入射する入射光束と光軸のなす角 $\theta_0$ と、前記入射光束が前記第1のホログラム素子により回折された第1の出力光束が光軸となす角度 $\theta_1$ と、前記第1の出力光束が前記第2のホログラム素子に入射後回折されて出力される第2の光束が光軸となす角度 $\theta_2$ が下式の $|\theta_1 - \theta_2| > 20^\circ$ 、 $|\theta_0 - \theta_2| < 15^\circ$ を満足することを特徴とする。

【0108】互いにほぼ平行に配置され、それぞれ互いにほぼ等しい所定の偏光成分を選択的に回折させる平板状の第1および第2のホログラム素子を備え、上記第1のホログラム素子に入射し、上記第1および上記第2のホログラム素子により回折されて上記第2のホログラム素子から出射する回折光束と、上記第1のホログラム素子に入射し、上記第1および上記第2のホログラム素子を透過して上記第2のホログラム素子から出射する透過光束とのなす角度が $0^\circ$ を越え、かつ、 $15^\circ$ 未満であるとともに、上記第1のホログラム素子に入射し、上記第1および第2のホログラム素子により回折される光束における、それぞれのホログラム素子に入射する光束とそれぞれのホログラム素子により回折された光束とのなす角度が、それぞれ $20^\circ$ を越えることを特徴とする。

【0109】

【発明の実施の形態】（実施の形態1）入射する光の偏光方向に応じて回折効果が異なる偏光選択性の回折光学素子であるホログラム素子の例について説明する。

【0110】このホログラム素子は、図10に示すように、それぞれ導電性透明電極（以下「ITO」という。）501が形成された2枚のガラス基板502の間に、例えば紫外線硬化型液晶（以下「UVキュアラブル液晶」という。）分子503aを含む領域503と、例えば非重合性液晶分子504aを含む領域504とが形成されて構成されている。上記UVキュアラブル液晶は、特定の波長を有する光束により硬化した、屈折率異方性を有する光硬化型液晶である。一方、非重合性液晶は、上記UVキュアラブル液晶を硬化させる波長の光束に対して硬化しない液晶材料である。

【0111】ここで、「光学的異方性」に関する表現について説明する。一般的な液晶材料や、一軸性の光学結晶に見られるように、屈折率異方性を有する光学

材料においては、常光線に対する屈折率と異常光線に対する屈折率を定義することができる。常光線とは、光線の入射角に屈折率が依存しない偏光光であり、異常光線とは入射角により屈折率が異なる偏光光のことである。

異常光線に対する、その入射角に応じた屈折率は、図3(b)に示すいわゆる屈折率楕円体(参考文献:例えば工藤、上原著、「基礎光学」、現代工学社刊、202ページ)により求めることができる。そこで、「各領域の入射光束に対する光学的異方性」を、特に注記しない場合には簡潔に「各領域の光学的異方性」と略記し、その意味は、「各領域における入射光束に対する常光、および異常光に対する屈折率の異方性」であるとする。また、「領域503と領域504の光学的異方性が略等しい」とは「入射する常光線に対する屈折率および異常光線に対する屈折率が、それぞれ、双方の領域で互いに略等しい」ことを意味するものとする。同様に、「領域503と領域504の光学的異方性が異なる」とは、「入射する常光線に対する屈折率は双方の領域で略等しいが、異常光線に対する屈折率は双方の領域で異なる」ことを意味するものとする。また、「光学的異方性」と「屈折率異方性」とは同じ意味で用いる。

【0112】上記ホログラム素子は、ITO501間に電圧が印加されていない状態では、図10(a)に示すように、領域503および領域504共に液晶分子503a、504aが略同一の方向(ガラス基板502に略平行な方向)に配向し、領域503(硬化後)と領域504の光学的異方性が互いにほぼ等しいようになっている。すなわち、領域503と領域504とで常光線に対する屈折率がほぼ等しく(その値を $n_o$ とする)、また、異常光線に対する屈折率もほぼ等しい(その値を $n_e$ とする)。一方、ITO501間に所定の電圧が印加されると、図10(b)に示すように、領域504の液晶分子504aだけが電気力線の方向に配向(スイッチング)し、領域503と領域504とで光学的異方性が互いに異なるようになっている。

【0113】上記のように構成されたホログラム素子は、P偏光光(異常光線)に対しては、ITO50間への電圧の印加によりホログラム素子として機能し、入射光束を領域503と領域504のピッチ、および膜厚に応じた方向に回折させる。すなわち、P偏光光だけが選択的に回折し、S偏光光(常光線)は直進する(図10(b))。このようにP偏光光だけの選択的な回折は、光束が斜め方向からホログラム素子に入射した場合でも同様である。一方電圧が印加されない状態ではP、S偏光光共に直進する(図10(a))。また、このホログラム素子では、電圧が印加されていないときには、斜め方向から入射した場合であっても、P、S偏光光共に確実に直進させることができる。すなわち、図11に示すように、斜め方向から光束が入射した場合、常光線に対する屈折率が領域503、504共に $n_o$ で等しいだけ

でなく、異常光線に対する屈折率も、領域503、504共に $n_e(\theta)$ で等しくなるので、常光線のみならず異常光線も回折せずに直進させることができる。

【0114】このように、上記ホログラム素子によれば、斜め方向から入射した光束に対しても、確実に、常光線、異常光線ともに直進させたり、異常光線のみを選択的に回折させたりすることができる。

【0115】次に、上記のようなホログラム素子の作製方法について説明する。このホログラム素子は、例えば2光束の干渉縞を照射することにより、いわゆる光誘起相分離によって形成することができる。

【0116】(1)まず、ITO501を形成した2枚のガラス基板502に配向膜(不図示)を塗布し、配向処理を行う。

【0117】(2)例えば所定の直径のビーズ(不図示)を分散させることでセルギャップを確保し、2枚のガラス基板502を貼り合わせる(ビーズ分散に代えて、酸化シリコンやフォトリソグラーフなどから成る所定の高さの柱を形成しても良い)。

【0118】(3)例えば非重合性液晶とUVキュアブル液晶を例えば1:1の重量比で混合した液晶材料を注入し封止する。

【0119】(4)2光束干渉露光により、所望のピッチの干渉縞を照射して、光が強く照射された部分のUVキュアブル液晶を硬化させ、光誘起相分離現象によって、混合液晶中の大部分のUVキュアブル液晶分子が硬化部に集まり、良好な領域分離が行われる。

【0120】ここで、上記(4)のプロセスにおいて、ITO501間に電圧を印加した状態にして、液晶分子を例えばガラス基板501に略垂直に配向させた状態で2光束干渉露光を行えば、図12に示すように、電圧印加時には、各光学的異方性がほぼ等しくなって入射光束におけるP偏光光、S偏光光共に直進する一方、電圧無印加時には、各領域の光学的異方性が異なるようになり、P偏光光だけが回折し、S偏光光が直進する逆モードのホログラム素子を作製することができる。

【0121】なお、素子の駆動方法としては、一般に交流電圧を印加することが好ましいが、非重合性液晶として、例えば強誘電性液晶を用いる場合には、そのメモリー性を活かしてパルス状の電圧を印加するなどしても良い。

【0122】ここで、本発明のホログラム素子と従来のホログラム素子との違いについて述べる。上記動作原理は例えば、従来例1と基本的には同様であるが、従来例1においては領域503に単に光硬化型高分子材料を用いているにすぎず、屈折率異方性に関してはなんら開示していない。それに対して本発明のホログラム素子は、光硬化型液晶が屈折率異方性を有し、かつその硬化後の $n_e$ 、 $n_o$ が領域504の非重合性液晶と同一であることが特徴であり、それゆえ入射角特性を改善することが

できる。例えば、垂直に入射する光束について考える（図 2（a））参照）。

【0123】従来例 1 では、光硬化型高分子材料からなる領域 503 は、屈折率異方性を有していないため常に屈折率は液晶の  $n_o$  と略等しい値  $n_l$  である。従来例 1 では液晶分子を制御して図 8（a）に示したような構成とすることで、入射光束 3 を回折せずに直進できる。

【0124】しかしながら、図 9（a）に示したように、斜めに入射した光束 3' については、常光線（この場合は S 偏光光 5）は直進できるが、異常光線（この場合は P 偏光光 4）は、領域 503 が屈折率  $n_o$  のままなのに対して、領域 504 の屈折率は  $n_e$ （ $\theta$ ）となるため回折してしてしまうのである。図 9（b）に示したように、異常光線に対する屈折率は、屈折率楕円体により求めることができる。

【0125】上記現象は、例えば、従来例 2～従来例 6 等に開示されているように、硬化する高分子材料が本質的に屈折率異方性を有していない従来の素子すべてに共通する課題であった。

【0126】尚、従来例 6 はホログラム素子ではないが、光硬化型高分子材料と非重合性液晶との屈折率に関しては何ら記載されておらず、この場合は高分子材料が狭ギャップのセル内に形成された場合に生ずる僅かな屈折率異方性が問題となる。

【0127】（実施の形態 2-1）ホログラム素子を用いて構成された偏光分離素子の例を説明する。この偏光分離素子は、入射した光束を例えば S、P 偏光光に分離し、両者をわずかに異なる出射角で出射させるもので、例えば偏光方向のそろった光束を得るための偏光変換素子などに用いられる。

【0128】この偏光分離素子 510 は、図 13 に示すように、第 1 のホログラム素子 511 と第 2 のホログラム素子 512 とが貼り合わされて構成されている。第 1 のホログラム素子 511 の法線方向（図中 Z 軸方向）に略平行な光束  $\alpha$  が入射すると、例えば S 偏光成分（同図に示す X 軸に平行な偏波面を有する偏光成分）は回折されて、例えば  $45^\circ$  の出射角（基板法線すなわち Z 軸を基準とし、Z 軸と入射光線の進行方向とのなす角）で出射し、第 2 のホログラム素子 512 に  $45^\circ$  の入射角で入射するようになっている。一方、P 偏光成分（Y 軸に平行な偏波面を有する偏光成分）は、そのまま第 1 のホログラム素子 511 を透過するようになっている。

【0129】上記  $45^\circ$  の入射角で第 2 のホログラム素子 512 に入射した S 偏光光は、その第 2 のホログラム素子 512 により回折されて、例えば  $-7^\circ$  の出射角で出射される一方、P 偏光光は、第 1 のホログラム素子 511 と同様に Z 軸に平行に透過するようになっている。すなわち、この偏光分離素子 510 では、P 偏光光と S 偏光光を  $7^\circ$  の進行方向の差で分離して出力することが可能となる。

【0130】上記各ホログラム素子 511、512 としては、例えば前記実施の形態 1 のホログラム素子を用いることができ、この場合には、各ホログラム素子の ITO に所定の電圧を印加することにより、上記のような動作をさせることができる。また、電圧を印加することなく、それぞれ上記のような回折をさせるホログラム素子を用いてもよい。そのようなホログラム素子は、例えば以下のようにして作製できる。

【0131】（1）1 対のガラス基板 25 上に導電性透明電極（例えば ITO：不図示）を成膜する。

【0132】（2）各導電性透明電極上に配向膜（不図示）を塗布しラビング処理を行う。

【0133】（3）導電性透明電極上に所望の径の球状のビーズ（不図示）を分散させる。

【0134】（4）ガラス基板 513 の周辺部にシール材（不図示）を塗布する。

【0135】（5）ガラス基板 513、514 を貼り合わせ、加熱処理によりシール材を硬化させる。

【0136】（6）注入口（不図示）からホログラム材料として例えば UV 硬化型液晶 515 を注入する。

【0137】（7）UV レーザー光を用いた 2 光束干渉光学系により UV 硬化型液晶 515 を露光し、後述する所定の干渉縞を形成する。

【0138】（8）導電性透明電極間に所定の電圧を印加しながら再度 UV 光を照射する。

【0139】なお、このようなセルの作製方法光学の分野において公知の技術であり、また、2 光束干渉光学系も、コヒーレントなレーザ光を 2 分割し、所定の角度で照射することにより所定の方向およびピッチの干渉縞を形成する公知技術である。

【0140】次に、上記作製方法により偏光選択性を有するホログラム素子が形成される原理について説明する。UV 硬化型液晶は UV 光、例えば 360 ナノメートル付近の波長の光を照射することにより硬化する液晶である。この液晶の分子 515a は、上記（2）のラビング処理によって、（6）の注入後（7）の UV 露光前の状態では、図 14 に模式的に示すように、概ねラビングした方向に配向している。

【0141】この状態で、後述のように 2 光束干渉光学系によって形成された干渉縞を UV 硬化型液晶 515 に照射すると、UV 硬化型液晶 515 は干渉縞の光強度に応じて硬化する。具体的には、例えば図 15 に模式的に示すように、同図の Y 軸方向に光強度分布を有する干渉縞を形成すると、強度の強い部分の液晶分子 515b のみが硬化する。

【0142】その後、導電性透明電極間に電圧を印加すると、図 16 に示すように、干渉縞の光強度の弱かった部分の液晶分子 515a だけが電気力線の方向に配向（スイッチング）する。この状態で再度 UV 光を全面に照射すると、電圧の印加を停止しても、図 16 に示した



ように液晶分子の配列状態が保たれたホログラム素子となる。すなわち干渉稿の微小なピッチで液晶のスイッチングしている領域とスイッチングしていない領域が形成される。そこで、液晶分子は光学的には一軸性の屈折率異方性を有しているため、図 16 の例では X 軸方向に振動する偏光成分に対しては位相型回折素子として作用するのに対して、Y 軸方向に振動する偏光成分に対しては等方的な素子として回折せずに出力するという偏光異方性を有する回折素子として機能する。

【0143】本実施の形態においては、具体的には以下のパラメータにより各ホログラム素子 511, 512 を作製した。

【0144】

第 1 のホログラム素子の干渉稿の傾角：22.5°

第 1 のホログラム素子の干渉稿のピッチ：0.757  $\mu$ m

第 1 のホログラム素子の厚さ：9  $\mu$ m

第 2 のホログラム素子の干渉稿の傾角：19°

第 2 のホログラム素子の干渉稿のピッチ：0.651  $\mu$ m

第 2 のホログラム素子の厚さ：9  $\mu$ m

液晶の平均の屈折率：1.593

屈折率変化：0.083

上記のようにして作製された偏光分離素子 510 の S 偏光に対する回折効率を図 17 に示す。横軸は第 1 のホログラム素子 511 への入射角度である。図のように  $\pm 2^\circ$  の範囲で 90% 以上の高い偏光分離特性を実現することができた。

【0145】なお、液晶材料として、磁場で配向可能な UV 硬化型液晶を用いた場合には、ガラス基板 513, 514 の表面に導電性透明電極を形成する必要が無く、また上記 (8) のプロセスにおいて電界を作用させる代わりに磁界を作用させればよい。

【0146】このほかにもホログラム材料 27 として特定の波長領域に対して感度を有するフォトリソ材料と液晶ポリマーとの混合物を用いて、光誘起相分離によりホログラム素子を作製してもよい。

【0147】また、本実施の形態においては、ガラス基板 513, 514 の法線として定義される光軸と入射光束が概ね一致していたが、必ずしも一致している必要はない。

【0148】上記のような偏光分離素子に用いるホログラム素子としては、例えば図 18 に示すようなものを用いることもできる。このホログラム素子 521 は、例えば液晶などの屈折率異方性を有する光学媒体 522 を用いて形成されており、厚さが 10  $\mu$ m 程度と厚いため、屈折率分布が厚さ方向にも周期的に分布している。このため、偏光方向により回折作用が異なり、また回折作用としては 1 方向に高い回折効率を示す特性を有する。

【0149】以下、このホログラム素子 521 について

詳述する。

【0150】この素子内部は光の入射する表面から、厚さ方向に対して傾斜した層が周期的に形成された層構造を有している。互いに隣合う層では、一方は屈折率異方性を有する光学媒体 522 の光軸の傾きがホログラム素子 521 の表面に平行となるように配列しており、他方は表面に対して垂直方向に配列している。

【0151】上記屈折率異方性を有する光学媒体 522 に光が入射すると、その光の偏光方向が光学媒体 522 の光軸と平行な場合は異常光線となるため、屈折率としては  $N_e$  の値を示す。また、偏光方向が光学媒体 522 の光軸と垂直である場合は常光線となり、 $N_o$  の屈折率を示すことになる。ここで、 $N_e > N_o$  である。

【0152】次に、図 18 に示すホログラム素子 521 において、紙面に対して垂直方向に偏光方向を有する光を常光線とし、紙面と平行方向に偏光方向を有する光を異常光線として、これらの光がホログラム素子 521 に入射したときの振る舞いについて説明する。

【0153】まず、常光線が入射した場合、その偏光方向は、各層を構成する何れの光学媒体 522 の光軸に対しても垂直となる。このため、各層間での光軸の向きに関係なく、各層での屈折率は  $N_o$  となる。つまり、屈折率が  $N_o$  の一様な媒体が存在するのと等しいため、これに入射する常光線は回折の作用を受けず、同図に示すように、そのまま透過することになる。

【0154】一方、異常光線が入射した場合には、屈折率異方性を有する光学媒体 522 の光軸が入射面と平行に配列している層においては、入射光の偏光方向が光軸と平行となる。このため、 $N_e$  の屈折率を有する層を通過する場合に相当する。また、ホログラム素子 521 の入射面に対し光学媒体 522 の光軸が垂直方向である層に対しては、偏光方向が光軸と垂直の場合に相当するので、この層は  $N_o$  の屈折率を有するものと作用する。そこで、異常光線に対しては、ホログラム素子 521 は、その入射光の進行方向である厚さ方向において、屈折率が周期的に異なる複数の層を通過することになる。この結果、入射光線はこの層の傾斜角度と周期のピッチに対応する特定の方向に光が集光される、いわゆるブラッグの回折作用を受けることになる。それゆえ、同図に示すように、異常光線はホログラム素子 521 を通過後、素子の内部に形成された層構造に対応して光路を変化することになる。

【0155】すなわち、上記のように厚さ方向に周期構造を有するように構成することで、ブラッグの回折条件が適用されることになる。これは、ある波長を有する光が周期構造を形成する各層に入射した場合、各層で散乱された光はその波長と入射角度および層間のピッチに対応する特定方向に散乱成分が強め合う現象を生じる。これが、ブラッグの回折条件と呼ばれるものであり、このような条件は従来の 2 次元的な回折光学素子に対し、3



次元的な構成となり、ブレース化（1つの方向に光を収束する）の作用を有することになる。

【0156】したがって、従来の回折光学素子に比べて、回折効率を飛躍的に向上させることができ、理論的には100%の効率が可能である。実際上も、中途での損失等を考慮に入れても90%以上の効率が期待できる。これに対し、バイナリからなる2次元の回折光学素子では、回折波は0次を含み左右対称に高次まで回折されることになるため、1次の方向への回折効率は最高でも40%程度となり、素子を通過する全光量に対する割

合としては低い値となる。

【0157】図19にホログラム素子521の理論的な回折効率の計算結果を「ベル システム テクノロジ ジェイ」(H. Kogelnik, (Bell Syst. Tech. J., 48, 1969, pp. 2909-2947))の解析に基づいて示す。回折効率は全入射光量に対する1次の方向に回折された光量の割合である。回折光学素子の各種パラメータをまとめて表1に示す。

【表1】

	屈折率差 $\Delta n(\text{Ne-No})$	平均屈折率 $\text{Ne-No}/2$	格子ピッチ ( $\mu\text{m}$ )	回折格子厚さ ( $\mu\text{m}$ )	入射波長 ( $\mu\text{m}$ )	ブラッグ角 ( $^\circ$ )
$\eta 1$	0.083	1.593	1.323	10	0.55	12
$\eta 2$	0.145	1.591	1.323	10	0.55	12

【0158】図19において、(a)はブラッグ角から入射角度がずれた場合の回折効率の変化、すなわち回折効率の入射角度依存性であり、(b)は入射波長が設計値からずれた場合の変化、すなわち回折効率の入射波長依存性を示したものである。

【0159】図19(a)の角度依存性についてはホログラム素子521に入射する光束が平行光からずれた場合（入射角が所定の角度からずれた場合）の効率に相当し、また図19(b)の入射波長依存性については白色光源による照明時の効率等の検討に対応するものである。同図に示すように、各種パラメータを適当に設定することで理論的な回折効率が1、つまり100%近くの高い回折効率を得ることが期待できる。また、同図によれば、波長に関しては $\pm 100\text{nm}$ 付近まで特性がフラットであり、白色光に対しても高い効率が期待できる。

【0160】なお、図18では、ホログラム素子521を構成する光学媒体522の光軸が、隣り合う層間で90°傾斜して屈折率差が最も大きい場合を示したが、この角度を任意に設定することで屈折率差をNeからNoの中間値に設定することも可能である。また、これを利用した屈折率分布を選択することにより回折効率を調整することも可能である。

【0161】また、ホログラム素子521の領域をいくつかに分割し、それぞれ回折する方向をずらすような構成も可能である。

【0162】さらに、白色光を構成するR：赤（0.65 $\mu\text{m}$ ）、G：緑（0.55 $\mu\text{m}$ ）、B：青（0.45 $\mu\text{m}$ ）程度の各中心波長のそれぞれに応じて異なった周期構造、角度等を有する層を形成し、これらを積層してホログラム素子521を構成したり、または、これらの構造を重畳してホログラム素子521内に記録することにより、波長分散または角度依存性の影響を緩和するような構成も可能である。

【0163】次に、ホログラム素子521の作製方法に

ついて説明する。

【0164】まず、1対のそれぞれのガラス基板上に透明導電性電極として、例えばITOを形成する。

【0165】次に、これらの基板を洗浄して、付着しているダストを除去した後、高分子からなる配向膜、例えばポリイミドをスピンコート法等により塗布し、加熱処理を行うなどして配向膜を基板上に形成する。

【0166】この後、上記配向膜に、ローラ等により特定方向のラビング処理を施してから、一方の基板の周辺にシールの印刷を行い、他方の基板に直径5 $\mu\text{m}$ ～20 $\mu\text{m}$ 程度のビーズを分散させる。この2枚の基板をラビング方向が互いに対になるように貼り合わせて、空のセルを構成する。

【0167】上記空セルに、屈折率異方性を有する光学媒体522として、例えば正の誘電異方性を有する液晶を注入する。なお、負の誘電異方性を有する液晶を使用することも可能である。上記液晶は、より詳しくは、例えば光重合性液晶モノマーまたは光架橋可能液晶ポリマー等が含まれたもので、360nm前後の紫外領域の波長の光照射により液晶が硬化し液晶分子の方向が固定化される特性を有したものをを用いる。上記注入は室温で大気雰囲気の中で行うこともできるが、40℃～60℃程度の高温、また、真空中で注入するなどしてもよい。

【0168】液晶を注入後のセルに対し注入口および脱気口付近を封止剤により封止すると、液晶サンプルが完成する。

【0169】上記のようにして作製した液晶サンプルに対して、干渉縞の露光を行う。

【0170】まず、露光時間を調節するためのシャッタを閉じて光照射が無い状態で、光学系の作製位置（露光装置の所定の位置）に上記液晶サンプルを配置し、シャッタを所定の時間、例えば1分間程度開放した後閉じることにより、第1の露光工程としての干渉縞による露光を行う。

【0171】上記干渉縞を形成するための光源としては、例えば、照射強度が50mW～100mW程度のAr（アルゴン）レーザから出力される、波長が360nm前後のレーザ光を用いることができる。このレーザ光をビームエキスパンダ等によって例えば直径30mm～50mm程度のビームに広げた後、ビームスプリッタ等により2方向に分割し、ミラー等を組み合わせて設定した光路を介して干渉縞を形成し、液晶サンプルに照射する。この干渉縞は、上記ミラー等を調整することにより、液晶サンプルが配置された位置で例えば1μmピッチ程度になるようにする。

【0172】上記露光により、液晶サンプルにはレーザの2光束の干渉により形成された干渉縞における光強度が高い明部に属する領域の液晶が硬化し、液晶分子が配向膜によって初期に配向された方向に分子軸が固定化される。すなわち、例えば前記のように正の誘電異方性を有する液晶を用いる場合、初期には液晶分子は一樣にガラス基板に平行な方向に配向しており、干渉縞の明部の領域では、この状態が保存されることになる。一方、干渉縞の暗部の領域では光強度が明部に比べ低いため、この第1の露光工程では液晶分子はほとんど硬化しない。

【0173】次に、第2の露光工程として、まず、液晶サンプルの2枚のガラス基板の内側に形成された透明導電性電極としてのITO電極間に5（V/μm）程度の交流電界を印加する。この電界印加により前記干渉縞の暗部だった領域の未硬化の液晶分子はガラス基板に対して垂直に立つ方向に傾斜する。この時の傾斜の角度は、印加する電界に比例するため電界の大きさを調整することで所望の傾斜角度、つまり屈折率差を与えることができる。

【0174】上記のように電圧を印加した状態で、例えばビームスプリッタにより分割されたレーザ光のうちの一方を遮ることにより、干渉縞が形成されない一樣な強度分布の光を液晶サンプルの全面に例えば5分間程度照射し、前記未硬化の暗部だった領域全体を完全に硬化させる。

【0175】以上のような第1の露光工程と第2の露光工程を行うことで、図18で示したような構造を有するホログラム素子521が作製される。

【0176】また、ここではITOのような透明電極を形成したガラス基板を用いてセルを作製し、第2の露光行程で電界を印加することにより液晶分子の方向を初期位置から変化させた場合について説明した。他の方法として透明電極を用いず、磁界の印加により液晶分子の方向を変化させて第2の露光工程を行い、ホログラム素子521を作製することも可能である。

【0177】さらに、照射するArレーザの偏光方向を第1の露光工程と第2の露光工程において例えば90°異なるように設定し露光する方法も考えられる。配向膜等の高分子膜に対し光源として直線偏光を照射した場

合、ランダムに配向している高分子の中からその主鎖（あるいは側鎖）を偏光方向に向けている分子が主に光を吸収し光反応を起こし、その膜に光学異方性が発現する。高分子材料等において、その高分子の光反応過程（光異性化、光重合、光分解）が照射される光の偏光方向とその高分子のなす角度によって制御できる。

【0178】したがって、ここで干渉縞を構成する紫外領域の光の偏光方向を制御することにより、液晶の初期の配向状態の設定および第1と第2の露光工程での液晶分子の移動等を行うことも可能である。

【0179】上記のようにして作製した素子の回折効率を、He-Neレーザを用い、入射する偏光方向を変化させて測定したところ、常光線に対する透過率は98%前後であり、高い透過率を有していた。また、異常光線に対する1次の方向への回折効率も90%程度であり良好な結果が得られた。したがって、ここで作製した回折光学素子は高い偏光分離特性および回折効率を有していることが確認された。

【0180】なお、屈折率異方性を有する光学媒体としては、液晶の他に、ニオブ酸リチウムや、 $KD_2PO_4$ 、 $\beta-BaB_2O_4$ 、PLZTなどの電気光学効果等を有する一軸性の結晶を用いることも可能であり、また、 $KTiPO_4$ などの2軸性の光学結晶等も含めて種々の屈折率異方性を有する媒体を用いることにより、同様の効果を得ることも可能である。

【0181】（実施の形態2-2）ホログラム素子を用いて構成された偏光分離素子の他の例を説明する。

【0182】この偏光分離素子530は、図20に示すように、全反射ミラー531の表面に、前記実施の形態1または実施の形態2-1で示したのと同様のホログラム素子532が設けられている。ここで、実施の形態1のホログラム素子が用いられる場合には、ITO間に所定の電圧が印加された状態で用いられる。

【0183】上記全反射ミラー531およびホログラム素子532は、光源のランプ533からの光を反射するリフレクタ534の光軸に対して、法線が45°の角度をなすように配置されている。

【0184】上記このホログラム素子532は、同図の紙面に垂直な方向に偏光方向を有する光（S偏光光とする）が常光線となり、紙面に平行な方向に偏光方向を有する光（P偏光光とする）が異常光線となるように配置されている。また、このホログラム素子532は、45°の入射角で入射した異常光線を45°よりもわずかに大きい出射角になるように回折させて出射させるように設定されている。

【0185】このように構成されていることにより、ホログラム素子532に対して常光線であるS偏光光は、前記各実施の形態で説明したように、素子の周期構造からなる屈折率分布の影響を受けず、等方的な均一な屈折率の媒体を通過する時と同様の特性を示す。それゆえ、

S偏光光はホログラム素子532をそのまま透過して全反射ミラー531で反射され、再びホログラム素子532を透過して出射する。すなわち、S偏光光は全反射ミラー531によって進行方向が90°曲げられて出射する。

【0186】一方、ホログラム素子532に対して異常光線であるP偏光光は、ホログラム素子532内に形成された周期構造の屈折率分布により変調されて回折し、上記のように45°よりもわずかに大きい出射角で出射する。

【0187】したがって、ランプ533からリフレクタ534を介して出射された光を、この偏光分離素子530によって、S偏光光とP偏光光とで進行方向がわずかに異なる出射光に分離することができる。

【0188】（実施の形態3-1）前記実施の形態2-2の偏光分離素子を用いて構成された偏光変換素子の例を説明する。この偏光変換素子は、光源からの偏光方向がランダムな光を所定の方向の偏光光に揃えて出力するもので、例えば偏光型の液晶表示素子などの偏光照明装置等に用いられる。

【0189】図21は偏光変換素子540を含む偏光照明装置の構成を示す説明図である。

【0190】ランプ533としては、蛍光ランプや、キセノンランプ、メタルハライドランプ、水銀ランプ、LED、FED、レーザ光、無機または有機EL素子等が用いられる。ランプ533からの光は、リフレクタ534により略平行光となって出射する。この略平行光は偏光分離素子530に入射し、実施の形態2-2で説明したようにS偏光光とP偏光光とで進行方向がわずかに異なるように分離されて、偏光分離素子530から出射する。

【0191】偏光分離素子530から出射したS偏光光およびP偏光光は、それぞれ、インテグレート541を構成する第1レンズ群（第1の蠅の目レンズ）542の各レンズ542aに入射し、それぞれの入射角に応じて、各レンズと542a対をなす第2レンズ群（第2の蠅の目レンズ）543の各レンズ543aにおける互いに異なる所定の領域に集光される。

【0192】上記S偏光光およびP偏光光が集光される所定の領域は、例えば各レンズ543aを概ね2分する領域に設定されるとともに、P偏光光が集光される領域における各レンズ543aの裏面側（光の進行方向側）には、1/2波長板である位相差板544が周期的に設けられている。そこで、第2レンズ群543に入射したS偏光光は、そのままS偏光光として出射する一方、P偏光光は、位相差板544を介して偏光方向が90°回転され、S偏光光に変換されて出射する。すなわち、何れの偏光光もS偏光光に揃えられて出射する。

【0193】このS偏光光は、フィールドレンズ545および集光レンズ546を介して概ね平行な光束として

画像表示素子（ライトバルブ）547に入射し、画像表示に用いられる。

【0194】上記のようなホログラム素子532と位相差板544とを用いた場合と用いない場合とで、画像表示素子547に入射する光量を比較したところ、ホログラム素子532と位相差板544により偏光変換を行った場合は光利用効率が1.2〜1.6倍程度向上し、上記ホログラム素子532を用いた偏光変換素子540の機能が優れていることが確かめられた。

【0195】（実施の形態3-2）前記実施の形態3-1で説明した偏光分離素子が、インテグレートを構成する第1レンズ群と第2レンズ群との間の光路中に設けられて偏光方向を揃える偏光変換素子の例を説明する。なお、本実施の形態等において、前記実施の形態3-1等と同様の機能を有する構成要素については、適宜同一の符号を付して詳細な説明を省略する。

【0196】図22は偏光変換素子545を含む偏光照明装置の構成を示す説明図である。

【0197】リフレクタ534からの略平行光は、インテグレート541を構成する第1レンズ群542を介して偏光分離素子530に入射するようになっている。偏光分離素子530に入射した光束は、実施の形態2-2で説明したようにS偏光光とP偏光光とで進行方向がわずかに異なるように分離されて、偏光分離素子530から出射する。

【0198】偏光分離素子530から出射したS偏光光およびP偏光光は、それぞれ、インテグレート541を構成する第2レンズ群（第2の蠅の目レンズ）543の各レンズ543aにおける、裏面側に位相差板544が設けられている領域または設けられていない領域に集光される。そこで、前記実施の形態3-1と同様に、S偏光光はそのままS偏光光として出射する一方、P偏光光は、位相差板544を介して偏光方向が90°回転され、S偏光光に変換されて出射する。すなわち、何れの偏光光もS偏光光に揃えられて出射する。

【0199】このように構成された偏光変換素子545によっても、実施の形態3-1と同様に光利用効率を向上させることができる。

【0200】（実施の形態3-3）前記実施の形態1または実施の形態2-1で示したのと同様のホログラム素子が用いられた、他の偏光変換素子の例を説明する。

【0201】図23は偏光変換素子550を含む偏光照明装置の構成を示す説明図である。この偏光照明装置の偏光変換素子550は、前記実施の形態1または実施の形態2-1で示したのと同様のホログラム素子551と全反射ミラー531との間に、1/4波長板である位相差板551が設けられて構成されている。

【0202】ランプ533からのP偏光光とS偏光光とを含む光波はホログラム素子551に入射し、P偏光光は、実施の形態1等で説明したように回折光学素子の屈

折率分布等に応じて回折され、同図の一点鎖線で示した方向に進路を曲げられて出射する。

【0203】一方、S偏光光は、ホログラム素子551をそのまま透過し、位相差板552を介して全反射ミラー531で反射され、再び位相差板552を通過する過程で偏光方向が入射時に対して $90^\circ$ 変化し、ホログラム素子551にP偏光光として入射することになる。このときの入射方向は全反射ミラー531とリフレクタ534との配置により定まるが、これがホログラム素子551の内部に形成された周期構造に対するブラッグの回折条件からずれた条件となるようにして、ホログラム素子551が入射した光を反射せずに透過させるようになっている。すなわち、前記図19(a)で回折効率の角度依存性について説明したように、ホログラム素子への入射角が所定の角度からある程度ずれると効率がほとんど0となり、回折作用は生じず透過するだけとなる場合があり、上記所定の角度は回折光学素子の形成条件により設定することが可能である。そこで、全反射ミラー531によって反射され、位相差板552によってP偏光光に変換された光束が、回折されずにホログラム素子551をそのまま透過するようにすることができる。なお、回折させて、前記ホログラム素子551で直接回折されたP偏光光の伝搬方向と概ね一致させるようにすることも可能である。

【0204】上記のように、ランプ533からの光波はホログラム素子551によってP偏光光が回折され、ホログラム素子551を透過したS偏光光は全反射ミラー531と位相差板552によりP偏光光に変換された後ホログラム素子551を透過して出射することにより、偏光方向が揃った略平行光束を得ることができる。

【0205】上記偏光照明装置について、実施の形態3-1と同様にして光利用効率を求めたところ、ホログラム素子551と位相差板552とを用いない場合に比べ1.2~1.5倍程度の光利用効率を得ることができた。

【0206】また、上記のような構成によれば、ホログラム素子と位相差板552と全反射ミラー531との簡易な積層構造だけで偏光変換を行わせることができるので、インテグレート等の光学系との組み合わせなども容易であり、幅広い光学系装置に使用可能である。特に、例えば2つのダイクロイックプリズムを備えて色分離および色合成を行うカラー画像表示装置などのようにあらかじめ折り返しミラーを備えている装置に適用する場合には、そのミラーに代えてホログラム素子を備えたミラーを用いるだけでよいので、部品点数の増加などを招くことなく光利用効率を向上させることができる。

【0207】（実施の形態3-4）前記実施の形態1または実施の形態2-1で示したのと同様のホログラム素子が用いられた、さらに他の偏光変換素子の例を説明する。

【0208】前記実施の形態1または実施の形態2-1で示したのと同様の2枚のホログラム素子561、562を用いて、図24に示すような偏光変換素子560を含む偏光照明装置を構成した。

【0209】ランプ533からのP偏光光とS偏光光とを含む光束はリフレクタ534を介してホログラム素子561に入射し、S偏光光は、そのまま略平行光として透過する。また、P偏光光は、ホログラム素子562により、実施の形態1等で述べた原理により、伝搬方向が概ね $90^\circ$ 変化するように回折される。

【0210】この光波はさらにホログラム素子562に入射し、ここで同様に回折され伝搬方向が、初期のリフレクタ534から反射された光束の方向と概ね等しくなるように出射する。この後、 $1/2$ 波長板である位相差板563を透過し、偏光方向が $90^\circ$ 回転されてS偏光光波として出射する。すなわち、ランプ533から発せられてホログラム素子561で回折された光波は、回折光学素子562と位相差板563とによって、ホログラム素子561を透過した光波と偏光方向が揃った略平行光束として出射する。

【0211】上記のような偏光照明装置のホログラム素子562での光波の再利用率を測定したところ、ホログラム素子562からの光束としては、ホログラム素子561からの光束に対し強度割合が概ね90%程度のS偏光光に変換された光束が得られた。

【0212】上記のようにホログラム素子561、562を用いることの利点は、偏光分離を行う場合の分離角を任意に設定することが可能ということである。すなわち、通常のように、偏光ビームスプリッタと全反射ミラーとを組み合わせる偏光分離を行わせようとした場合、伝搬方向を $90^\circ$ 曲げるためには反射面を入射光に対して $45^\circ$ 傾ける必要がある（図24における $\theta$ に相当）。したがって、奥行き方向にはその反射面の大きさと傾きに相当する分の大きさが必要とされ、その偏光照明装置を用いる装置において厚さ方向での制約条件が大きくなる。

【0213】一方、上記のようにホログラム素子を用いた場合は、内部に形成される屈折率分布により偏光分離角を任意に設定することが可能であるため、回折光学素子を入射光に対して垂直な平面に対し、 $45^\circ$ 以下に傾けて配置することが可能となり、図24における $\theta$ を $45^\circ$ 以下の小さな角度で設定することができる。とともに、ホログラム素子を互いに平行に対に並べることで偏光変換光学系を構成することができるため、奥行き方向の大きさを大幅に減少させることができる。このため、薄型での構成が可能となり、偏光変換された偏光光が入射されるインテグレートなどの照明光学系との組み合わせにおいて、コンパクトなシステム（照明装置や画像表示装置など）を実現することができる。

【0214】（実施の形態3-5）前記実施の形態1ま

たは実施の形態2-1で示したのと同様のホログラム素子が用いられ、第1レンズ群と第2レンズ群とを有するインテグレートから出力される光の偏光方向を揃える偏光変換素子の例を説明する。

【0215】前記実施の形態1または実施の形態2-1で示したのと同様のホログラム素子571、572を対にして、図25に示すように複数組配置し、偏光変換素子570を含む偏光照明装置を構成した。なお、同図では、画像表示素子577や投射レンズ578等を組み合わせて投射型画像表示装置を構成した例を示す。

【0216】インテグレートにおける図示しない第1レンズ群から伝達されたP偏光光とS偏光光を含んだ光波は、第2レンズ群571に入射し光束を絞られて、第2レンズ群571の各レンズ571aに対応するホログラム素子572に入射する。ここでS偏光光はそのまま透過し、P偏光光は回折され隣のホログラム素子572に入射する。そして、ここでさらに回折されて、先のS偏光光と概ね等しい方向に伝搬するし、 $1/2$ 波長板である位相差板574によって偏光方向が $90^\circ$ 回転され、S偏光光に変換されて出射する。

【0217】これらの過程が複数に配置された各ホログラム素子572、573と位相差板574の組ごとに行われ、第2レンズ群571を通過した光波は、偏光方向が揃えられて出射される。また、インテグレートと組み合わせることで光束を絞って用いるため、光源からの光束の幅も大きく変化することなく偏光変換を行うことが可能となる。

【0218】上記のようにして偏光方向が揃えられた光束は、フィールドレンズ575と集光レンズ576とにより平行光束として偏光型の液晶表示素子等の画像表示素子578に入射し、各画素毎に輝度変調された後、投射レンズ579によってスクリーン579上に拡大投写される。

【0219】上記のような偏光変換素子570によって偏光変換を行った場合と行わない場合について、スクリーン上での輝度を比較したところ、偏光変換を行った場合は30%程度輝度が増大しており、明るい画像を得ることができた。

【0220】（実施の形態3-6）前記実施の形態1または実施の形態2-1で示したのと同様のホログラム素子が用いられた、さらに他の偏光変換素子の例を説明する。

【0221】図26に示すように、前記実施の形態3-4と同様の1対の偏光変換素子560をリフレクタ534の光軸に対して対象になるように設けて、偏光変換素子590を構成するようにしてもよい。このように構成することにより、リフレクタ534が偏光照明装置の例えば幅方向中央に配置されるため、両側に均等な空間が形成されるので、この偏光照明装置が適用される装置における他の構成要素等の配置が容易になる。

【0222】（実施の形態4-1）前記実施の形態2-1（図13）の偏光分離素子510を用いて構成された投射型画像表示装置を構成した例を説明する。上記偏光分離素子510を構成するホログラム素子としては、実施の形態1や実施の形態2-1（図10、18等）で示したものなどを適用することができる。ここで、実施の形態1のホログラム素子が用いられる場合には、ITO間に所定の電圧が印加された状態で用いられる。

【0223】投写型画像表示装置600は、図27に示すように、ランプ533、リフレクタ534、偏光分離素子510、およびインテグレートから構成される偏光照明装置601を備え、ランプ533からの出力光束をリフレクタ533で反射し、反射後の出力光束 $\beta$ を偏光分離素子510、インテグレート541を介して、例えば透過型液晶パネル等の画像表示素子547に入射させ、輝度変調された光束を、投写レンズ602によりスクリーン（不図示）上に拡大投写することで画像を表示するようになっている。

【0224】次に、この投写型画像表示装置600に用いる偏光分離素子510およびインテグレートについて説明する。本発明で用いる偏光分離素子510は、実施の形態2-1で説明したように、第1のホログラム素子511、および第2のホログラム素子512からなり、P偏光光を直進させて（出力角 $0^\circ$ で）透過させる一方、S偏光光を略 $-7^\circ$ の出力角で出力するものである。

【0225】また、第1レンズ群（第1の蠅の目レンズ）542を構成する各第1微小レンズは、それぞれ第2レンズ群（第2の蠅の目レンズ）543を構成する各第2レンズにランプの像を結像させる。その際、P偏光光 $\gamma$ と、S偏光光 $\delta$ とを異なる位置に結像する。例えばS偏光光 $\delta$ が結像する部分には、偏波面回転手段としての $1/2$ 波長板（ $\lambda/2$ 板）である位相差板544が設けられ、この位相差板544を透過したS偏光光 $\delta$ は略P偏光光に変換されて出力される。なお、P偏光光 $\gamma$ と、S偏光光 $\delta$ とのうちの何れの偏光成分に対して偏波面を回転させるかは、画像表示素子547が備える偏光板の偏光方向によって決定される。

【0226】上記第2レンズ群543は、第1レンズ群542を構成する各微小レンズの像を画像表示素子547における表示画像領域のほぼ全面にわたって結像させることにより、表示画像の明るさの均一性が確保される。

【0227】上記のような偏光照明装置601を構成することにより、ランプ533から出力される無偏光光を効率よくP偏光光に変換することができ、高い投写効率を実現することが可能となる。また、上記のような偏光分離素子510は、作製が容易であり安価に構成することができる。また、偏光分離素子510は光軸方向の寸法が小さいので、コンパクトで、かつ高い分離効率を有

する偏光分離素子を容易に構成することができる。また、上記のような偏光分離素子を用いることにより、高い光利用効率の投写型画像表示装置を容易に実現することができる。

【0228】なお、ランプ533およびリフレクタ534の配置を異ならせれば、実施の形態3-1~3-3(図21~23)に示したような偏光変換素子530等を用いることもできる。

【0229】また、上記ランプ533としては、メタルハライドランプや、ハロゲンランプ、キセノンランプ、超高圧水銀ランプ等を使用することができるが、発光領域の大きさが小さいものを用いることが好ましい。

【0230】(実施の形態4-2)透過型の3つの画像表示素子と、色分解系および色合成系の光学要素を備え、カラー画像を表示し得るいわゆる3板方式の投射型の画像表示装置の例を説明する。

【0231】この画像表示装置は、図28(a)に示す色分解系要素610の下方に、図28(b)に示す色合成系要素620が設けられて構成されている。

【0232】上記色分解系要素610は、前記実施の形態4-1で示したのと同様の偏光変換素子を含む偏光照明装置601と、ダイクロイックプリズム611と、全反射ミラー612~614とを備えて構成され、偏光照明装置601から出力された光をR(赤)、G(緑)、B(青)の各波長の光に分解するようになっている。一方、色合成系要素620は、全反射ミラー621~623と、画像表示素子624~626と、ダイクロイックプリズム625と、投射レンズ628とを備えて構成され、色分解系要素610から導かれた各波長の光が画像表示素子624~626を通過した後、色合成が行われ、投射レンズ628によってスクリーン629に画像を投射するようになっている。

【0233】この画像表示装置では、ランプ533からリフレクタ534を介して出力されたほぼ平行光束が、前記実施の形態4-1で説明したのと同様に、偏光分離素子510およびインテグレート541によって偏光方向が揃えられるとともに光束の面内での均一性が保たれるようにされた後、ダイクロイックプリズム611に入射する。このダイクロイックプリズム611は、各帯域の波長のフィルタが内部に形成された構成となっていて、偏光照明装置601からの白色光は前記波長フィルタに対応して、色の三原色であるR、G、Bの各波長に対応した光に分解され、それぞれ同図中に矢印で示した方向に出射する。ここで、上記ダイクロイックプリズム611は、これは2枚構成のダイクロイックミラーが用いられる場合と同様の機能を有するが、プリズム構成のために、広い空間を使用することなく色の分解が可能であるため、コンパクトな表示装置を構成することができるようになる。

【0234】上記ダイクロイックプリズム611から出

射した各色の光は、全反射ミラー612~624により反射されて、下方側の色合成系要素620に導かれる。色分解系要素610から色合成系要素620に導かれた各色の光は、全反射ミラー621~623を介により進行方向が概ね90°変化して反射され、各色の光に対応する透過型の画像表示素子624~626によって輝度変調された後、ダイクロイックプリズム627に入射する。このダイクロイックプリズム627は、前記ダイクロイックプリズム611と逆の機能を有し、それぞれR、G、Bの各色の光に分かれて入射した光の色合成を行うもので、合成された光をは、投射レンズ628の方向に向けて出射する。ダイクロイックプリズム627から出射した光は、投射レンズ628によって、スクリーン629上に投射され、拡大された画像として表示される。

【0235】上記のようにリフレクタ534から出力された光束の偏光方向を描える偏光変換素子が設けられることにより、光利用効率を向上させて、明るい画像を表示し得る画像表示装置を構成することができる。

【0236】なお、上記のようにカラー画像を表示する画像表示装置等に偏光変換素子等を適用する場合には、ホログラム素子の作製にあたって、赤、緑、および青の光による光の干渉縞で多重露光したり、それぞれの色の光の回折に対して最適化したホログラム素子を積層したりした構造のものを用いるようにしてもよい。

【0237】また、上記偏光分離素子510および位相差板544に代えて、前記実施の形態3-4~3-6

(図24~26)に示したような偏光変換素子560等を用いるようにしても、同様に高い光利用効率を得ることができる。

【0238】また、上記のような偏光変換素子550等は、インテグレート541とダイクロイックプリズム611との間に配置しても、同様の効果を得ることができる。また、偏光変換素子550等をダイクロイックプリズム611と画像表示素子624~626との間、すなわち色分離された後の各色の光に対応させた3つの偏光変換素子(およびインテグレート)を設けるようにしてもよい。この場合には、各色の光に対応させて個別に偏光変換素子を設けるので、ホログラム素子として、それぞれの色の波長に合わせて波長分散の影響を低減させ得るように最適化したもの、すなわち各波長に対応した周期構造が形成されたもの?》などを用いることができ、一層光利用効率を向上させることができる。また、同様にインテグレートもダイクロイックプリズム611よりも後に設けるようにしてもよい。

【0239】また、ランプ533およびリフレクタ534の配置を異ならせれば、実施の形態3-1~3-3

(図21~23)に示したような偏光変換素子540等を用いることもできる。

【0240】また、図28と同じ配置でリフレクタを設



ける場合であっても、偏光変換素子をダイクロイックプリズム611と画像表示素子624～626との間、すなわち色分離された後の各色の光に対応させた3つの偏光変換素子（およびインテグレータ）を設ける場合には、上記のような偏光変換素子を適用することができ、この場合には、各色の光を色分解系要素610から色合形成要素620に導くための全反射ミラー612等を偏光変換素子の全反射ミラー531として兼用することができる。しかも、前記のように、ホログラム素子としてそれぞれの色の波長に合わせたものなどを用いることもできる。

【0241】なお、実際に色分離した後の各経路中に偏光変換素子を設けた場合にカラー合成された画像のスクリーン上での明るさは、偏光変換素子を用いない場合に比べて、30%程度増加させることができた。これは、上記のような透過型も、後述する反射型も概ね同様であった。このように、回折光学素子を用いた偏光変換はカラー表示に対しても有効である。

【0242】また、図23で示す構成において位相板の入射角度による偏光特性の依存性を補正するため、面内での位相板の厚さを変化するといった手段を用いることも可能である。

【0243】（実施の形態4-3）前記実施の形態4-2と類似した構成で、反射型の画像表示素子を用いてカラー画像を表示し得る3板方式の投射型の画像表示装置の例を説明する。

【0244】この画像表示装置は、図29(a)に示す色分解系要素610の下方に、図29(b)に示す色合形成要素630が設けられて構成されている。

【0245】上記色分解系要素610は、前記実施の形態4-2で示したのと同じものが用いられている。一方、色合形成要素630は、実施の形態4-2と比べて、全反射ミラー621～623に代えて偏光ビームスプリッタ631～633が設けられている点と、透過型の画像表示素子624～626に代えて、反射型の画像表示素子634～636が設けられている点が異なる。

【0246】上記偏光ビームスプリッタ631～633は、所定の偏光方向の光だけを反射するようになっているが、実際に色分解系要素610から導かれる光は、偏光変換素子によって偏光方向が揃えられた光なので、概ね全ての光が反射されて画像表示素子634～636に入射する。画像表示素子634～636に入射した光は各色の表示画像に応じて偏光方向が変調されて反射され、再度偏光ビームスプリッタ631～633に入射し、所定の偏光方向の光だけが透過することにより、上記偏光方向の変調が輝度変調に変換されて可視化される。その後、実施の形態4-2と同様にダイクロイックミラー637で色合成が行われ、投射レンズ628によってスクリーン629に画像が投射される。

【0247】上記のような反射型の画像表示素子におい

ても、やはりリフレクタ534から出力された光束の偏光方向を描える偏光変換素子が設けられることにより、光利用効率を向上させて、明るい画像を表示し得る画像表示装置を構成することができる。

【0248】また、この画像表示装置においても、前記実施の形態4-2で説明したような種々の変形が同様に可能である。

【0249】（実施の形態5-1）ホログラム素子を備えた画像表示装置の例を説明する。

【0250】画像表示装置は、図30に示すように、液晶素子701の両面に回折光学素子であるホログラム素子702、703が設けられ、これらの背面側に、ランプ704aとリフレクタ704bとを有する光源704が設けられて構成されている。

【0251】ここで、以下の説明において、図面の紙面に平行な方向に偏光方向を有する光をP偏光光、紙面に垂直な方向に偏光方向を有する光をS偏光光とする。

【0252】上記光源704のランプ704aとしては、例えば蛍光ランプや、キセノンランプ、メタルハライドランプ、水銀ランプ、LED、FED、レーザ光、無機または有機EL素子等が利用できる。ランプ704aから発せられた光は、リフレクタ704bにより略平行光として出射するようになっている。この光源光は、P偏光光とS偏光光とが含まれている。

【0253】上記液晶素子701としては、例えば光の入射面側と出射面側とで液晶分子の方向が90°ねじれて構成されているツイストネマティック液晶が用いられる。この液晶素子701には、所定のパターンで形成された透明電極（不図示）が設けられており、各画素毎に、液晶に電圧を印加することができるようになっている。そこで、液晶に所定の十分な電圧（液晶を完全にスイッチングできるだけの電圧）が印加されている画素（ON）では、液晶分子のねじれが解け、光の入射面に対して液晶分子が等方的に立った状態（ホメオトロピック）になる。このため、その画素にP偏光光が入射すると、偏光方向が変調を受けることなく、その偏光状態を維持したまま液晶素子701を通過する。一方、液晶に電圧が印加されていない画素（OFF）では、液晶分子は入射面から出射面までの厚さ方向において液晶分子の向きが90°がねじれた状態となっている。そこで、その画素にP偏光光が入射すると、そのP偏光光は液晶素子701を入射面から出射面までを通過する間に液晶のねじれに起因するツイストネマティック効果によりその偏波面を90°回転させる。したがって、OFF画素を通過した後、S偏光光となって出射することになる。

【0254】また、上記ホログラム素子702、703としては、例えば前記実施の形態1または実施の形態2-1で示したのと同様のホログラム素子が用いられる。ここで、実施の形態1のホログラム素子が用いられる場合には、ITO間に所定の電圧が印加された状態で用い



られる。このホログラム素子702, 703は、前記のように偏光方向によって回折作用が異なり、また回折特性としては、所定の1方向に高い回折効率を示す特性を有している。

【0255】具体的には、例えばホログラム素子702, 703に入射した光のうち、S偏光光は異常光成分として働くため、ホログラム素子702, 703内に形成された周期構造の屈折率分布により変調され、図30における上方に進行方向が曲げられて出射する。一方、P偏光光は、ホログラム素子702, 703に対して常光成分として作用するため、ホログラム素子702, 703の周期構造からなる屈折率分布の影響を受けず、等方的な均一な屈折率の媒体を通過する場合と同様の挙動を示す。このため、P偏光光はホログラム素子702, 703をそのまま通過することになる。

【0256】そこで、光源704からのP偏光光とS偏光光とを含む光がホログラム素子702に入射すると、S偏光光は、上記のように回折されて液晶素子701にはほとんど入射せず、P偏光光だけがホログラム素子702を透過して液晶素子701に入射する。液晶素子701に入射したP偏光光は、上記のように、ON画素ではP偏光光のまま出射する一方、OFF画素ではS偏光光に変換されて出射する。すなわち、液晶素子701から出射する光は、その通過位置の画素のON、OFFに応じて異なる偏光光になる。

【0257】上記液晶素子701から出射した光がホログラム素子703に入射すると、ホログラム素子702と同様に、S偏光光は回折され、P偏光光だけがそのまま直進する。すなわち、液晶素子701の各画素を通過した光は、画素のON、OFFに応じてホログラム素子703から出射する方向が異なることになる。それゆえ、画像表示装置を表示面のほぼ法線方向から視認する観察者からは、OFF画素を通過した光はホログラム素子703の回折作用により視野域の外側に射出するので視認されない一方、ON画素を通過した光は、ホログラム素子703をそのまま直進して観察者の視野領域内に入り、明パターンとして視認される。

【0258】次に、実際に作製した画像表示装置の例について説明する。

【0259】この画像表示装置では、光源704としては、蛍光ランプにグリーンフィルタを通したものをを用い、 $0.55\mu\text{m}$ 程度の波長の光を出射するようにした。液晶素子701としては、3インチ程度のVGA(640x480)の分解能を有するものを使用した。これに画像信号を入力し、表示画面のほぼ法線方向(正面)から観察したところ、液晶素子701に入力される画像信号に応じた画像を正しく視認することができた。コントラストは10:1程度であった。また、ホログラム素子703を通過したS偏光光が回折する方向(図30における上方)に観察位置を移動させたところ、先の

画像に対し明暗が反転した画像が視認された。以上のように屈折率異方性を有する光学媒体から構成された屈折率分布型のホログラム素子702, 703を液晶素子701を組み合わせることで構成することにより、OFF画素に対応して入射した光を遮断(吸収)することなく、観察者の視野領域外に出射させることによって、画像の表示を行うことができ、視認性のよい画像表示装置を作製できる。しかも、偏光板を用いる場合のように光の吸収による発熱が生じることはない。

【0260】なお、各画素に印加する電圧を制御することにより、その電圧に応じて液晶を通過する光の偏光方向を上記P偏光光とS偏光光との中間の状態、つまり楕円偏光のように設定することができる。このとき、ホログラム素子703に入射する光は各画素の印加電圧に応じて直進する成分と回折される成分とに分割されるため、中間調の表示も可能となる。

【0261】また、上記の例では、液晶素子701として、ツイストネマティックタイプのものについて説明を行ったが、入射光に対してその偏光方向を変調する作用を有するものであれば、いずれのタイプのものでもよい。また、 $90^\circ$ 以上のねじれの角度を有するスーパーツイステッドネマティック(STN)液晶も同様に利用可能である。また、液晶分子がその厚さ方向に対して一様にホモジニアス配向しており、電界の印加に対してホメオトロピック配向になるものや、または、ホメオトロピック配向からホモジニアス配向へと変化するものなどのようなVA(Vertical Align)モードの液晶を使用しても同様の効果を得ることができる。

【0262】さらに、電界の極性により液晶分子の配列の方向が異なる強誘電性液晶や反強誘電性液晶等の利用も可能である。

【0263】上記のような液晶素子701は、通常、液晶ディスプレイとして用いられている液晶パネルと同様のものである。従って、液晶素子に使用されている前後面の偏光板を本発明のホログラム素子702, 703と置き換えるだけで上記のような画像表示装置を構成でき、他の照明系や駆動系等はそのままの状態でも適用することができるため非常に汎用性に優れている。

【0264】(実施の形態5-2) 前記実施の形態5-1と同様のホログラム素子702, 703を用いて、図31に示すような画像表示装置を構成した。すなわち、光源704の配置をホログラム素子702の下側付近に配置し、斜め側方から光を照射するいわゆるサイドライトの構成とした。なお、光源704は実施の形態5-1と同様に蛍光ランプにグリーンフィルタを設けたものをを用いた。他の構成については実施の形態5-1と同様のものとした。

【0265】この画像表示装置では、光源704から出射した光のうち、P偏光光はホログラム素子702をそのまま透過し、液晶素子701には入射しない。また、

S偏光光はホログラム素子702で表示画面に対して概ね90°に曲げられて液晶素子701に入射する。液晶素子701を通過する光は画素の印加信号に対応して偏光方向が変調されもう1つのホログラム素子703に入射する。ここで、S偏光光は同図における上方に回折されて観察者の視域外へと出射される。P偏光光はホログラム素子703をそのまま通過し、観察者によって視認されることになる。観察者の位置からホログラム素子703方向表示画面の法線方向からを観察した場合、入力される画像信号に応じた画像が正しく視認された。また、観察者付近の位置からホログラム素子702、703を通して外界の風景を観察することも可能であった。以上のように、上記のように構成した画像表示装置は、画像表示と外界の風景とを同時にまたは切り換えて視認することが可能であり、いわゆるシースルータイプのディスプレイとして利用可能である。

【0266】（実施の形態5-3）前記実施の形態5-1と同様の1枚のホログラム素子702を用いて、図32で示すような画像表示装置を構成した。すなわち、画像表示装置の内部に光源を持たず、自然光や室内光のような外部光を利用して画像を表示する構成とした。また、液晶素子701は実施の形態1と同様のものを使用した。

【0267】以下に、この画像表示装置の表示原理について説明する。

【0268】まず、P偏光光およびS偏光光を含んだ外部光710がホログラム素子702に入射すると、P偏光光成分はホログラム素子702で変調されることなくそのまま透過し、液晶素子701にはほとんど入射しない。一方、S偏光光はホログラム素子702で回折されて、概ね全ての光が液晶素子701に入射する。液晶素子701に入射した光は、各画素の領域を通過し、ミラー711により反射される。このミラー711は金属から構成されたものや誘電体多層膜から構成されたもの等が利用できる。実際に制作したものには、ガラス基板にアルミニウムを蒸着したものをを用いた。

【0269】ミラー711により反射された光は再び液晶素子701の各画素の領域を通過し、各画素に印加された電圧に応じて偏光方向が変調されて、ホログラム素子702に入射する。ホログラム素子702に入射したS偏光光は、同図における上方に回折され、観察者の視野域の外に出射される。また、P偏光光はホログラム素子702をそのまま透過するため観察者によって視認されることになり、液晶素子の各画素に印加された信号電圧に応じて画像が視認される。

【0270】実際に作製した上記のようなミラーを用いた反射型の画像表示装置を室内光の照明のもので観察したところ、明暗のパターンからなる画像が視認された。コントラストは10:1程度であった。室内光である白色光源を用いたが、色の滲み等による画質の劣化はほと

んどなかった。これは、復路においてホログラム素子703で回折されるS偏光光は波長により回折方向が異なることになるが、回折角を観察者の視域に比べて大きく設定すれば、認識領域外となり、波長による回折角の影響はほとんど問題とならないためと考えられる。

【0271】したがって、上記のように構成した外部光を用いる反射型の画像表示装置において明瞭に画像を認識することが可能であり、しかも内部のバックライトを必要としないため、低消費電力化および小型化に適している。

【0272】（実施の形態5-4）図33に示すように、実施の形態5-1と同様のホログラム素子702、703を用いて構成した外部光および内部光源の併用タイプの画像表示装置について説明する。

【0273】この画像表示装置では、ホログラム素子702、703は、実施の形態5-1で示したものと同一のものであるが、ホログラム素子702は、実施の形態5-1と比べて、同一平面内で90°回転させた状態に配置されている。それゆえ、ホログラム素子702は、S偏光光に対しては回折作用を示さず、P偏光光に対して回折作用を有する。すなわち、ホログラム素子702、703は、P偏光光とS偏光光とに対する偏光方向の依存性が逆となるように構成されている。なお、同様の機能は、図18に示すホログラム素子において、初期の液晶のホモジニアスの配向方向が90°異なるように配向処理することによっても、持たせることができる。すなわち、液晶分子の配列方向を入射光に対してどのように設定するかによって、何れの偏光光に対して回折作用を持たせるかを決定することができる。

【0274】液晶素子701は実施の形態5-1で使用したものと同一である。また、ミラー711は実施の形態5-3と同様のアルミニウムの蒸着によって形成されたものである。また、光源704は蛍光ランプであり、白色光源として用いた。

【0275】ここで、図33において、実線の矢印は、外部光の伝搬を示し、一点鎖線の矢印は、光源704からの光の伝搬を示す。

【0276】以下、まず光源704からの光による表示動作について説明する。サイドライトとしてホログラム素子702の斜め側方に配置された光源704からのP偏光光およびS偏光光を含んだ光は、ホログラム素子702によりS偏光光が回折作用を受けずにそのまま透過し、P偏光光は回折により概ね90°表示画面に対して概ね90°の方向に曲げられて液晶素子701に入射する。

【0277】液晶素子701に入射したP偏光光は液晶素子の各画素で変調を受け、偏光方向が変化しこれに伴いホログラム素子703の作用による進行方向が異なる。その結果として、観察者は入力された画像信号に対応した画像情報を視認することができる。

【0278】次に外部光710による表示動作について説明する。外部光710のうち、P偏光光はホログラム素子703で変調を受けずそのまま透過し、液晶素子701には入射しない。S偏光光については回折光学素子の回折作用により進行方向が曲げられ、液晶素子701に概ね入射する。液晶素子701の各画素を通過したS偏光光はホログラム素子702に対しては回折作用を受けないため、そのまま透過しミラー711によって反射される。そして再びホログラム素子702を通過した後、液晶素子701の各画素に入射し、画素毎に偏光方向が変調されてホログラム素子703に入射する。ON画素を通過したS偏光光はホログラム素子703で回折され観察者の視域外へと出射される。また、OFF画素を通過したP偏光光はホログラム素子703をそのまま通過し観察者に明パターンとして認識される。

【0279】ここで、光源704からの光と外部光とでは液晶素子のON、OFFに対応する明暗のパターンが反転することになる。これに対しては、光源の選択と対応させて映像信号のパターンの反転を行うことで対処できる。

【0280】また、厳密には光源704からの光は液晶素子に対して1回の透過だけなのに対し、外部光710はミラーにより反射されて往路と復路の2回液晶素子を通過する。このため、液晶素子701での変調割合が異なることになる。これについては、あらかじめ1回通過と2回通過の変調度を見積もることができるので、光源の選択に応じて映像信号を補正することで対処可能である。

【0281】上記のように、ホログラム素子702、703の偏光依存性を異なるように設定することで、透過モードと反射モードの両立を図ることができる。

【0282】実際に作製した画像表示装置を観察した結果、暗い部屋では光源704を用いることによって明瞭に画像を視認することができ、明るい照明光の元では光源704を点灯することなく画像の認識を行うことができた。このように、この画像表示装置を用いれば、暗い場所や明るい照明光の元など環境に応じて光源を選択することが可能である。したがって、消費電力の効率化と多種の環境下での画像の視認性を向上させることが可能である。

【0283】さらに、画像表示装置が使用される環境での照明光の明るさを検出し、自動的に光源を選択または光源の強度を設定するような使い方も可能であり、これにより、表示能力を一層向上させることが可能である。

【0284】（実施の形態5-5）図34に、実施の形態5-1と同様のホログラム素子702、703に、カラーフィルタ721を組み合わせて構成した画像表示装置を示す。光源704としては蛍光灯ランプをフィルタを通すことなく白色光として用いた。また、液晶素子720は、実施の形態5-1の液晶素子720と同様の構造

を有しているが、3倍の画素密度を有し、カラーフィルタ721における赤（R）、緑（G）、青（B）の領域に対応した3つの画素が組になって、液晶素子720と同等の画素密度でカラー画像を表示し得るようになっている。

【0285】また、カラーフィルタ721は、液晶素子720の各画素に対応する領域ごとに、それぞれR、G、Bの何れかの波長の光を選択的に透過させ、他の波長の光を吸収するようになっている。

【0286】この画像表示装置では、光源704から出射したP偏光光とS偏光光を含む光は、ホログラム素子702においてS偏光光が同図における上方に回折される。それゆえS偏光光はカラーフィルタ721に入射することではなく、P偏光光のみがカラーフィルタ721に入射する。

【0287】カラーフィルタ721を通過した、R、G、Bの各波長に対応する光は、液晶素子720の各画素に入射する。そして、各画素のON、OFFに対して偏光方向が変調される。この結果、ON画素を通過した光はホログラム素子703をそのまま通過し観察者に到達する。また、OFF画素を通過した光はホログラム素子703で同図における上方に回折されるため、観察者の視野域外となり、観察者にとっては光強度として認識されない暗パターンとなる。

【0288】図34では簡単化のためR、G、Bに対応する各画素がすべてONとOFFの場合を示してあるが、それぞれの波長の光が入射する各画素に対し、印加する電界を独立に制御しホログラム素子703を通過させることにより、観察者にはR、G、Bのそれぞれの波長の光のうち、選択された色の光が到達することになるため、それぞれの組み合わせとしてのカラー画像の表示が可能になる。

【0289】ここで、各波長に対するホログラム素子703の波長分散の影響については、回折角を大きく設定し、回折角の小さい短波長の光でも観察者の視域外であるように設定すればよい。つまり、OFFに対応する画素を通過した各波長の光はいずれもホログラム素子703で観察者の視域外へと回折されるため光強度として認識されず、混色等の問題は生じない。

【0290】また、ON画素を通過した光は、通常、ホログラム素子703で回折作用を受けない。しかしながら、ホログラム素子703を形成する液晶材料が波長分散を持つ場合は波長によって $\Delta n = n_e - n_o$ が異なることがあり、素子内が等方的な媒質とみなせなくなる。この場合は、透過した各波長の光において角度差を生じることになり、観察者にとっては色の滲み等として視認されることになる。しかし、透過の場合であり、観察者のホログラム素子703からの距離があまり離れていなければ、大きな画質的な劣化は生じない。

【0291】実際に作製した画像表示装置にR、G、B

のカラー画像信号を入力し、ホログラム素子 7 0 3 から 3 0 c m 程度離れて観察したところ、混色や色の滲み等はほとんどなく明瞭なカラー画像を観察することが可能であった。

【0 2 9 2】また、ここでのカラーフィルタの組み合わせは図 3 4 の構成においてのみ使用されるものではなく、図 3 2 の反射タイプ、図 3 3 の透過と反射の兼用タイプ、また、これらの変更された構成においても適用できることは言うまでもない。

【0 2 9 3】（実施の形態 5 - 6）前記実施の形態 5 - 5 の画像表示装置のホログラム素子 7 0 2, 7 0 3 として、R (0. 6 5  $\mu$  m)、G (0. 5 5  $\mu$  m)、および B (0. 4 5  $\mu$  m) の各波長の光により多重露光を行って作製したものを用いてもよい。以下、そのようなホログラム素子の作製プロセスについて説明する。

【0 2 9 4】まず、実施の形態 2 - 1 における図 1 8 のホログラム素子を作製する場合と同様にして液晶サンプルを作製する。これを A r レーザを用いる光学系装置にセッティングし、まず第 1 の露光工程として、G (0. 5 5  $\mu$  m) の波長に対応する干渉縞により露光を行う。次に、ミラー（反射ミラー）の角度を変化させ、前記の第 1 の露光行程を繰り返して、R (0. 6 5  $\mu$  m) の波長に対応する露光を行う。さらに、B (0. 4 5  $\mu$  m) に対応する干渉縞を同様にして形成して露光を行う。その後、実施の形態 2 - 1 と同様にして均一な光を液晶サンプルに照射する第 2 の露光行程を行うことで、干渉縞が重畳されたホログラム素子を作製することができる。

【0 2 9 5】上記のようにして作製したホログラム素子を図 3 4 のホログラム素子 7 0 2, 7 0 3 に代えて用い、液晶素子 7 0 1 にカラーの映像信号を入力して、観察者の位置から観察したところ、ホログラム素子が R、G、B の何れの波長に対しても最適化されているため、色の滲みや混色等の問題もなく明瞭な画像を認識することができた。さらに、観察位置を前後に 3 0 c m 程度移動させても画質の劣化等の影響は生じなかった。

【0 2 9 6】（実施の形態 5 - 7）前記実施の形態 5 - 5 の画像表示装置のホログラム素子 7 0 2, 7 0 3 として、それぞれ R (0. 6 5  $\mu$  m)、G (0. 5 5  $\mu$  m)、または B (0. 4 5  $\mu$  m) の各波長の光により露光を行って作製した 3 枚のホログラム素子が積層されたものを用いてもよい。

【0 2 9 7】上記のようなホログラム素子を図 3 4 のホログラム素子 7 0 2, 7 0 3 に代えて用い、液晶素子 7 0 1 にカラーの映像信号を入力して、観察者の位置から観察したところ、R、G、B の各波長に対し、それぞれの層の回折光学素子により独立に回折作用が行われ、波長分散が緩和された。この結果、色の滲みや混色等の問題もなく明瞭な画像を認識することができた。さらに、観察位置を前後に 3 0 c m 程度移動させても画質の劣化等の影響は生じなかった。

【0 2 9 8】（実施の形態 5 - 8）前記実施の形態 5 - 1 等の画像表示装置は、画像表示兼用照明装置に適用することもできる。以下、トンネル内で道路交通情報の表示を行うとともに、トンネル内の照明を行うことができる装置の例を説明する。

【0 2 9 9】図 3 5 に示すように、画像表示装置 7 3 1 は、トンネルの壁面 7 3 2 に設置されている。この画像表示装置 7 3 1 は、例えば実施の形態 5 - 1 で説明した画像表示装置と同様の構成を有し、ホログラム素子における回折光の出射方向が、トンネル内を走行する車両 7 3 3 の進行方向に対向するように設置されている。すなわち、実施の形態 5 - 1 においては、表示画面のほぼ法線方向（正面）から表示画像を視認する例を説明したが、表示動作が行われている際には、同時に回折光によって正面から視認される画像とは明暗が反転した画像が表示されている。そこで、画像表示装置に入力される画像データとして、あらかじめ明暗を反転した画像データを入力することにより、回折光によって、表示画面の法線に対して傾いた方向から視認することのできる画像を表示させることができる。

【0 3 0 0】ここで、回折光の出射方向、すなわち回折光による表示画像の視認方向は、ホログラム素子の周期構造の傾きやピッチによって設定することができる。それゆえ、表示画像を斜め方向から視認必要があるような種々の装置にこの表示装置を適用することができる。

【0 3 0 1】また、回折光によって画像の表示を行う場合、逆に表示画面の法線方向には、ホログラム素子を透過した光が出射する。この出射光による画像は斜め方向からは視認できないが、夜間やトンネル内等での回りが暗い環境下では照明光としての役割を果たすことになるため照明装置としての利用が可能である。すなわち、画像表示装置と照明装置の両機能を併せもつ装置を構成することができる。このように画像表示装置と照明装置の機能を持たせることができるのは、通常の偏光子を用いた液晶ディスプレイでは画像表示に用いられない光は偏光子で吸収され、照明に用いることができないのに対し、上記のようにホログラム素子を用いた表示装置は、透過光と回折光とが原理的に等分に射出するからである。

【0 3 0 2】本発明におけるホログラム素子 7 0 2, 7 0 3 により光を分割する構成での画像表示装置の特徴である。

【0 3 0 3】なお、複数の画像表示装置 7 3 1 を壁面 7 3 2 に配置すれば、車両の進行位置に応じて観察者に画像情報が段階的に認識されるような使い方も可能であり、交通情報により注意を喚起したり、認識を容易に行わせるような場合に有効である。

【0 3 0 4】実際に、図 3 5 のようなトンネル内での構造を模倣した実験室において画像表示装置 7 3 1 を配置して実験を行ったところ、観察者の位置の移動と共に視

認し得る画像を表示させることができた。また、画像表示装置 731 の前面へ出射された光は暗い実験室内での照明光としての役割をも併せて果たすことも確認された。

【0305】このような画像表示兼用照明装置は、トンネル内に限らず、通常の幹線道路や、高速道路での交通情報表示用および照明用にも適用可能であり、その他の特定方向に優先的に画像情報を表示する使い方に対して適用され得ることは言うまでもない。

【0306】（実施の形態 5-9）前記実施の形態 5-1 と同様のホログラム素子を用いて構成された偏光変換素子を有する画像表示装置の例を説明する。

【0307】この画像表示装置には、実施の形態 5-1 のホログラム素子 702 に代えて、同一平面上に配置されたホログラム素子 741~744 が設けられている。また、ホログラム素子 743、744 と液晶素子 701 との間には、位相差板（ $\lambda/2$  板）745、746 が設けられている。光源 704 は、実施の形態 5-1 と同様に蛍光ランプにグリーンフィルタを通したものをを用いた。他の構成については実施の形態 5-1 と同様である。

【0308】この画像表示装置では、光源 704 から出射した光のうち、P 偏光光は回折光学素子 741、742 をそのまま透過して液晶素子 701 に入射する。また、S 偏光光は、ホログラム素子 741、742 概ね  $90^\circ$  の角度でほぼ横方向に回折され、それぞれ側方に配置されたホログラム素子 743、744 に入射する。ホログラム素子 743、744 に入射した光は、ホログラム素子 743、744 でさらに概ね  $90^\circ$  の角度で回折される。ホログラム素子 743、744 で回折された光は、位相差板 745、746 によって偏波面が  $90^\circ$  回転させられ、P 偏光光として液晶素子 701 に概ね垂直に入射する。

【0309】すなわち、ホログラム素子 741~744 および位相差板 745、746 によって偏光変換素子が構成され、光源 704 からの光は偏波面が揃った光波（この場合は P 偏光光）として液晶素子 701 に入射することになる。それゆえ、光利用効率が高くなり（理論的に約 2 倍）、明るい画像を表示することができる。

【0310】また、光源 704 の照射領域を広げることにもなり、小さい面積の光源 704 からの光を照射領域を拡大して画像表示を行わせることも可能であり、システムの小型化、低消費電力化においても有効である。

【0311】液晶素子 701 を通過する光は画素の印加信号に対応して偏光方向が変調されもう 1 つのホログラム素子 703 に入射する。

【0312】ここで、S 偏光光は紙面上方に回折され観察者の視域外へと出射される。

【0313】P 偏光光はホログラム素子 703 をそのまま通過し、観察者によって認識されることになる。

【0314】観察者の位置からホログラム素子 703 方向を観察した場合、印加された入力信号に対応する画像が正しく認識された。

【0315】以上のように、ここで構成した画像表示装置は、光源からの光波の概ね全てを画像表示に有効に利用でき、照明領域も拡大することが可能である。

【0316】（実施の形態 5-10）前記実施の形態 5-1 と同様のホログラム素子を用いて構成された偏光変換素子を有する小型画像表示装置の他の例を説明する。

【0317】図 37 に本発明の実施の形態で構成した小型表示装置の概略を示す。光源 704 からの光波はホログラム素子 751 に横方向から入射し、P 偏光光はこの回折光学素子により概ね  $90^\circ$  回折され液晶素子 701 へと入射する。

【0318】また、S 偏光光はホログラム素子 751 を通過し、もう 1 つのホログラム素子 752 に入射する。回折光学素子 752 は S 偏光光に対し屈折率分布を生じるように形成され、ホログラム素子 752 に入射した S 偏光光は、概ね  $90^\circ$  回折されて出射する。この後、 $\lambda/2$  板 753 を通過し、偏波面が  $90^\circ$  回転させられ P 偏光光として液晶素子 701 に入射する。

【0319】従って、実施の形態 5-10 と同様に光源 704 からの光量の概ね全てを液晶素子の表示に利用することができる。また、横方向から光を入射する構成のため、シースルー型の機能や実施の形態 5-4 で構成したような外部光源と内部光源の併用タイプも可能である。

【0320】実際に作製した画像表示装置では、光源 704 として蛍光ランプにグリーンフィルタを通したものをを用い、 $0.55\mu\text{m}$  程度の波長の光を出射するようにした。液晶素子としては  $0.9$  インチ程度の VGA（ $640 \times 480$ ）の分解能を有する小型の液晶パネルを使用した。これに画像信号を入力すると、液晶素子 701 を通過する光は画素の印加信号に対応して偏光方向が変調されもう 1 つのホログラム素子 703 に入射する。

【0321】ここで、S 偏光光は紙面上方に回折され観察者の視域外へと出射される。P 偏光光はホログラム素子 703 をそのまま通過し、観察者によって認識されることになる。

【0322】さらに今回は拡大光学系 754 をホログラム素子 703 の光出射側に用いた。ここでは拡大光学系として平面型のフレネルレンズを用いた。拡大光学系としては凸レンズや屈折率の面内変化を用いた液晶レンズの使用も可能である。薄型のレンズにより拡大光学系を構成すれば小型のシステムを構成でき好ましい。

【0323】観察者の位置からホログラム素子 703 方向を観察した場合、印加された入力信号に対応する画像が正しく認識された。また、今回  $0.9$  インチの小型の液晶パネルを用いているにも関わらず、拡大光学系 75

4の作用により観察者にはホログラム素子703からの距離により表示像が拡大されて明瞭に認識することが可能であった。

【0324】図37に示すような構成はシステム全体の小型化が可能であり、携帯情報端末用のマイクロディスプレイとして使用可能な非常に小型の画像表示装置としての利用が期待される。

【0325】（実施の形態6）前記実施の形態1で示したホログラム素子を用いて構成される画像表示装置について説明する。

【0326】画像表示装置の構成図を図38（a）に示す。この画像表示装置においては、透過型液晶パネル819のバックライトユニットに本発明に係るホログラム素子820を用いている。

【0327】光源823からの光束824は導光体821の端面から入射し、導光体821を伝搬しつつ裏面に設置された本発明のホログラム素子820によって液晶パネル819の基板の略法線方向に回折される。液晶パネル819に入射した光束822は変調され画像を表示する。

【0328】尚、ホログラム素子820の裏面には反射ミラー823を設け、ホログラム素子820を透過した光をさらに反射できる構成となっており、例えばこの反射ミラー823に光を散乱せしめるドット（不図示、従来例7の他多数開示されている公知技術）を形成することが好ましい。

【0329】液晶パネル819としては、透過型であればよく、その駆動方法、液晶材料を問わずあらゆる種類の液晶パネルを用いることができる。尚、外光の明るさに応じて透過型としても用いる反射型の液晶パネルであっても良い。

【0330】光源823としては、例えばCCFTを用いることができ、従来例8をはじめとして多数開示されているように反射鏡825を設けても良い。導光体821としては主にアクリルなどの樹脂材料を用いることができ、例えば従来例7、特開平9-5743号公報等に多数開示されているように、楔型の形状とすることも可能である。

【0331】ホログラム素子820の基本的な機能は、ホログラム素子に入射した無偏光な光束824の中で特定の偏光成分を、液晶パネル819の略法線方向に、かつ特定の立体角内に選択的に回折せしめるもので、電圧の有無によりホログラム素子として機能したり、単なる等方的な媒体として機能する。

【0332】すなわち図39（a）、（b）に示したように、例えば電圧無印加時にホログラム素子として機能し、電圧印加時に等方媒体として機能せしめることができる。ホログラム素子として機能せしめる場合には、本発明に係るホログラム素子820は、無偏光な入射光束824の中で特定の偏光成分のみを液晶パネルの略法線

方向に、かつ特定の立体角内に選択的に回折する。

【0333】その際、液晶パネルが偏光型、すなわち特定の偏光光のみを変調する方式であって、光入射側に偏光板（不図示）を設けている場合には、該偏光板の偏光方向（偏光子が透過する偏光光の電界ベクトルの振動方向）と、ホログラム素子が選択的に回折する偏光光の偏光方向（電界ベクトルの振動方向）を概ね一致させることで、初めて高い効率を実現できる。

【0334】一方、電圧を印加することで本発明のホログラム素子820は略等方的媒質となり、入射光束824はホログラム素子820を透過し、その裏面に設けられた反射ミラー823により散乱された光束が液晶パネル819に入射する。この場合における液晶パネル819の出力光束は、従来のバックライトにより照明された場合と同様に反射ミラー823に設けられたドットによってほぼ一様に拡散される。

【0335】このように、本発明のホログラム素子820を用いた画像表示装置にあつては、電圧を印加しない場合には照明光を略法線方向の狭い立体角内に回折せしめるため、液晶パネル819を正面から観察する際の輝度を極めて高くすることができ、さらに電圧印加によって、正面から観察する際の輝度は落ちるが広い視野角を確保することができる。

【0336】本発明のようにホログラム素子を液晶パネルのバックライトユニットに用い、かつ回折光に指向性を持たせて、正面から見る場合（液晶パネルの法線方向から眺める場合）の輝度を高くする例は、例えば従来例7～従来例10等多数開示されているが、上記例にあつてはホログラム素子は入射光を常に回折するという単一の機能を有するのみであり、本発明のホログラム素子820のように視野角を切り替えられるものではない。

【0337】また、従来例1、従来例2では、スイッチング可能なホログラム素子の開示がなされているが、液晶パネルのバックライトとしての具体的利用については何ら開示されていない。前述のように、液晶パネルの偏光板の偏光方向と、ホログラム素子により選択的に回折される光の偏光方向を一致させることで、初めて高い効率を実現できるのである。

【0338】本発明の画像表示装置が有する画像の明るさ、視野角を切り替えることができる機能は、例えば据え置き型、ノート型を問わずパーソナルコンピュータや携帯型情報端末のディスプレイとして用いる場合に極めて貴重な機能である。

【0339】すなわち、個人で画像を見る場合には、視野角（画像を視認することができる範囲と等価な意味）がむやみに広い必要はなく、作業時などの像観察時に必要な限られた範囲で十分である。本発明によれば正面から画像を観察する作業者の方向に概ね画像を出力することになるので、ランプの消費電力を小さくすることができる。



【0340】それに対して、多人数で画像を観察する場合には、逆に視野角は広い方が望ましい。それゆえ本発明のように個人で画像を観察する場合と、多人数で像を観察する場合とで視野角を変えられる機能が重要となる。但し、厳密には視野角が変えられるのではなく、本発明のホログラム素子820は、ある特定の狭い立体角内に反射される光束の量を、印加電圧によって制御できることを意味する。

【0341】次に、本実施の形態で用いるホログラム素子の作製方法について説明する。

【0342】本実施の形態で用いるホログラム素子820は、実施の形態1および4-1で説明したように、ITO501を形成した2枚のガラス基板502で作製されたセルに光硬化型液晶として例えばUVキュアラブル液晶と非重合性液晶の混合物を注入し、2光束干渉稿を照明することで作製できる。

【0343】但し、参照光を光束が入射する角度で、物体光を基板に略垂直に入射せしめることが特徴である。また、その際電圧を印加した状態で2光束干渉露光を行うことにより、例えば図39に示したような所望の干渉稿が形成され、干渉稿の強度の強い部分にUVキュアラブル液晶が、強度の弱い部分に非重合性液晶が分離され本発明のホログラム素子820が作製される。

【0344】実際に作製する場合には、物体光、参照光ともに平面波である必要はなく、例えば物体光として特定の立体角内に広がる光束を、参照光として導光体21を伝搬しホログラム素子に入射する光束とほぼ等しい角度範囲から入射する光束を用いることが好ましい。

【0345】また、上記構成において、例えば本発明に係るホログラム素子820のITO501をパターンニングしておき、領域毎に印加電圧を異ならしめて屈折率異方性を局所的に制御することもできる。それによって局所的にホログラム素子820の効率の最適化を図ることも可能である。また例えば、従来例7に開示されているようにホログラム素子を微小なモザイク状に配列し、入射光波長および入射角に対して最大効率を示すように個々の微小ホログラム素子を最適化してもよい。

【0346】また、図38(b)に示したように本発明に係るホログラム素子820と、反射ミラー823の間に $\lambda/4$ 板27を設け、かつ反射ミラー823をホログラム素子820と平行ではなく、例えば約 $5^\circ$ 傾けて配置することにより、本発明に係るホログラム素子820に例えば電圧を印加せず、異常光線を選択的に回折せしめるモードにおいて、該ホログラム素子820を透過する常光線828を異常光線に変換して再度ホログラム素子820に入射せしめることができる。

【0347】その際、反射ミラー823を傾けて設置しているので、該ホログラム素子820の角度依存性によって反射ミラー823からの反射光束829はホログラム素子820を透過し、ホログラム素子820により反

射された光束822と同一の偏光光（この場合はP偏光光）として液晶パネル819に入射することができ、光利用効率を高くすることができる。

【0348】以上述べたように、本実施の形態で構成した画像表示装置は、本発明に係るホログラム素子820への印加電圧を調節することにより、光束が特定の立体角内に出力される量を制御することができる。それにより、必要に応じて視野角は狭いが明るい画像表示と、若干暗くなるが広い視野角を選択することが可能となる。

【0349】本実施の形態で構成した画像表示装置は、据え置き型、ノート型のパーソナルコンピュータのディスプレイとしてだけではなく、携帯型情報端末、携帯型通信機器の表示用ディスプレイ、車載用のヘッドアップディスプレイとして用いることが可能である。

【0350】（実施の形態7）本発明の実施の形態7として構成された本発明に係る画像表示装置について説明する。本実施の形態の画像表示装置は、いわゆる従来からある直視型の液晶パネルであるが、液晶材料として光硬化型液晶と非重合性液晶の混合物に画素ピッチと同等の格子状の光（波長は該光硬化性液晶を硬化せしめる波長）を照明し、光誘起相分離現象により、各画素を囲むマイクロセル構造を形成している。

【0351】ただし、光硬化型の液晶の硬化後における $n_e$ 、 $n_o$ は各々非重合性液晶の $n_e$ 、 $n_o$ と略等しい構成となっている。

【0352】上記マイクロセル構成により液晶領域内で液晶分子が、自己配向力により、光硬化反応で安定化せしめた軸対称状に配向され、広い視野角および高コントラストを実現できる。

【0353】次に従来例と本実施の形態に係る画像表示装置との違いについて述べる。上記マイクロセルによる視野角改善および高コントラストが実現できる効果は、例えば従来例6に開示されているが、従来例6では、単に光硬化性樹脂と液晶の混合物に、格子状の光（波長は該光硬化性樹脂を硬化せしめる波長）を照明し、光誘起相分離現象により、各画素を囲むマイクロセル構造を形成しているだけで、光硬化性樹脂の屈折率異方性に関しては何ら記載していない。

【0354】一般に光硬化樹脂は僅かではあるが複屈折を有し、若干の屈折率異方性を発現する。それゆえ、黒を表示する際に垂直入射の光束に対してはコントラストがよいが、斜めに入射する光束に対しては格子の部分の不連続な領域として目立ち、均一性が悪いという欠点があった。

【0355】しかしながら本実施の形態の画像表示装置では、黒を表示する際非重合性液晶の配向と同一の配向状態で光硬化型液晶を硬化せしめ、かつ該光硬化型液晶の光学的異方性を非重合性液晶の光学的異方性と略等しくするため、黒表示の際にマイクロセルの部分が目立ったり、コントラストの低下を抑制することができ、極

めて均一な画像を表示することができた。

【0356】（実施の形態8-1）図40に本発明の実施の形態8-1で構成した、前記実施の形態2-1で示した体積ホログラム素子を用いた光情報処理装置の概略を示す。偏光を放射する半導体レーザ901より放射する光は、体積ホログラム素子521をそのまま通過し、結像レンズ904により1/4波長板905を介して光記憶媒体906上に集光される。この場合、体積ホログラム素子521を通過するレーザ光は回折を受けることはなく半導体レーザ901からの出射光は、ほぼ全て光記憶媒体906上に集光される。

【0357】次に、光記憶媒体906で反射された光は、再度1/4波長板905を通過し結像レンズ904により収束される。この時、反射光は前記1/4波長板を2回通過することになるため、その偏光方向は、半導体レーザ901から出射されたときに対し、90°偏光方向が回転する。従って、今回は反射光は体積ホログラム素子521に形成されている所定波面に応じて回折作用を受け、光検出器902上に収束されることになる。

【0358】ここで光検出器902上の分割された領域毎に光信号が検出され、焦点ずれ、トラッキングずれ、及び前記光記憶媒体に記録された情報の信号の検出が行われる。この時、光検出器902に導かれる光量は、体積ホログラム素子521の往路での偏光分離による光利用効率及び復路での回折効率でほぼ決定される。

【0359】本発明の体積ホログラム素子521の原理及び構造を図41及び図42に示す。図41は一軸性の光学結晶の屈折率楕円体を示している。図41(a)は光軸がY方向にある場合の屈折率楕円体を示すものである。この時、Y-Z平面に偏光方向が存在する光に対しては異常光線となり $N_e$ の屈折率を示す。また、X-Z平面に偏光方向が存在する光に対しては常光線となり、 $N_o$ の屈折率を示す。

【0360】図41(b)は一軸性の光学結晶の光軸がY方向から90°傾いた場合の屈折率楕円体を示している。この場合、Y-Z平面に偏光方向が存在する光に対しては $N_o$ の屈折率を示し、X-Z平面に偏光方向が存在する光に対しても $N_o$ の屈折率を示すことになる。

【0361】又、光軸が(a)と(b)の中間状態ではY-Z平面に偏光方向が存在する光に対して、光軸の傾斜の状態に対応して $N_e$ と $N_o$  ( $N_e > N_o$ )の屈折率の中間値をとることになる。一方、X-Z平面に偏光方向が存在する光に対しては、光軸の傾きに関わらず常に $N_o$ の屈折率を示す。

【0362】以上のように屈折率異方性を有する光学媒体に対しては、入射する偏光方向に対し、 $N_e$ から $N_o$ の範囲の屈折率分布を有する場合と光軸の傾きに関わらず $N_o$ だけの屈折率分布を示す場合が存在する。

【0363】図18は体積ホログラム素子の断面構成を示す図である。この素子内部は、光の入射する表面か

ら、厚さ方向に対し傾斜した周期的な層構造を有している。そして、隣合う層間では屈折率異方性を有する光学媒体の光軸の傾きが、1つは体積ホログラム素子521の表面に平行となるように配列しており、もう1つは表面に対して垂直方向に配列している。

【0364】ここで、この体積ホログラム素子521に図18の紙面に対して垂直方向に偏光方向を有する光を常光線、紙面と平行方向に偏光方向を有する光を異常光線として、これらの光が体積ホログラム素子521に入射したときの振る舞いについて考える。

【0365】まず、常光線が入射した場合、図41のX-Z平面に偏光方向を有する光が入射した場合と同様の取り扱いとなるため、各層を構成する光学媒体の光軸の向きに関わらず、各層での屈折率は $N_o$ となる。つまり、屈折率が $N_o$ の様な媒体が存在するのと等しいため、これに入射する常光線は回折の作用を受けず、図18に図示したようにそのまま透過することになる。

【0366】次に異常光線が入射する場合について考える。屈折率異方性を有する光学媒体の光軸が入射面と平行に配列している層においては、入射光の偏光方向が光軸と平行となる。これは、図41のY-Z平面に偏光方向を有する光が(a)のY方向に光軸が存在する光学媒体に入射する場合に相当し、 $N_e$ の屈折率を有する層を通過することになる。

【0367】また、体積ホログラム素子521の入射面に対し光学媒体の光軸が垂直方向である層に対しては、図41の(b)に対してY-Z平面に偏光方向を有する光が入射する場合に相当するので、この層は $N_o$ の屈折率を有するものとして取り扱われる。

【0368】従って、異常光線に対しては体積ホログラム素子521は、その入射光の進行方向である厚さ方向において屈折率が周期的に異なる複数の層を通過することになる。この結果、入射光線はこの層の傾斜角度と周期のピッチに対応する特定の方向に光が集光される、いわゆるブラッグの回折作用を受けることになる。

【0369】図18に示したように、異常光線は体積ホログラム素子521を通過後、素子の内部に形成された層構造に対応して光路を変化することになる。

【0370】以上のように図40の光情報処理装置の構成における体積ホログラム素子521に対し、半導体レーザ901から出射する光の偏光方向を図18で示す常光線に対応するように設定する。この時、半導体レーザ901からの出射光は体積ホログラム素子521によって、変調を受けることなく結像レンズ904により1/4波長板を介して光記憶媒体906に集光される。

【0371】ここで反射された光は、再度1/4波長板を通過し、結像レンズ904を経て体積ホログラム素子521に入射する。この時、偏光方向が往路に対して90°回転しているため、図18で示す異常光線の場合に相当する。従って、体積ホログラム素子521の内部に

形成された層構造に相当する周期的な屈折率分布に対応して特定方向、この場合では光検出器 902 上に集光されることになる。

【0372】図 18 で示すような厚さ方向に周期構造を有するように構成することで、ブラッグの回折条件が適用されることになる。これは、ある波長を有する光が周期構造を形成する各層に入射した場合、各層で散乱された光はその波長と入射角度及び層間のピッチに対応する特定方向に散乱成分が強め合う現象を生じる。

【0373】これが、ブラッグの回折条件と呼ばれるものであり、このような条件は従来の 2 次元的な回折光学素子に対し、3 次元的な構成となり、ブレース化（1 つの方向に光を収束する）の作用を有することになる。

【0374】従って、従来の回折光学素子に対し、回折効率を飛躍的に向上することができ理論的には 100% の効率が可能である。実際、中途での損失等を考慮に入れても 90% 以上の効率が期待できる。これに対し、前述したようなバイナリからなる回折光学素子で図 40 に示すようなホログラム素子を構成すると、回折波は 0 次を含み左右対称に高次まで回折されることになる。この結果、1 次の方向への回折効率は最高でも 40% 程度と素子を通過する全光量に対する割合としては 1/2 以下の低い値となる。

【0375】本発明における体積ホログラム素子 521 を用いて光情報処理装置を構成すれば、光記憶媒体 906 からの反射光を光検出器 902 にほぼ全て集光することができるため、光強度の低下による S/N 比の低下といった問題を生じることはない。更に、体積ホログラム素子 521 の回折効率が高いため、半導体レーザへの戻り光量もほとんどない。従って、半導体レーザ 901 への光強度の帰還による光源であるレーザの発振の不安定性といった問題も生じなくなる。

【0376】図 18 では体積ホログラム素子 521 を構成する光学媒体の光軸が隣り合う層間で 90° 傾斜した屈折率差の最も大きい場合を示したが、この角度を任意に設定することで屈折率差を Ne から No の中間値に設定することも可能である。

【0377】また、これを利用した屈折率分布を選択することにより回折効率を調整し、光検出器 902 に対して検出光強度及びパターンを任意に設定することも可能である。

【0378】又、体積ホログラム素子 521 の領域をいくつかに分割し、それぞれ回折する方向をずらして光検出器 902 の異なった領域に光信号を受光させ、焦点ずれ、トラッキングずれといった各種の情報の検出を効率的に行うような構成も可能である。

【0379】さらに、半導体レーザ 901 を複数個異なった波長で使用し、光情報の書き込みだけでなく、記録も同時に行うような構成の場合、それぞれの光波長に合わせて異なった周期構造、角度等を有する層構造を体積

ホログラム素子 521 内に重畳して記録することも可能である。

【0380】（実施の形態 8-2）本発明における光情報処理装置に使用する回折光学素子の製造方法を図 42 を用いて説明する。

【0381】Ar レーザ 911 からの 360 nm 前後の波長の出射光は、開閉式のメカニカルシャッタ 912 を介してビームエキスパンダ 913 によって直径 30 mm ~ 50 mm 程度のビームに広げられる。そしてビームスプリッタ 915 により 2 方向に分割され、ミラー 906 により体積ホログラム素子 521 上に形成する干渉縞の構造に対応する角度で照射される。またビームスプリッタ 915 で分割されたうちの一方の光束にはシャッタ 405 が配置されている。

【0382】次に、体積ホログラム素子 521 のセルの作製プロセスについて説明する。

【0383】ガラス基板上に透明導電性電極として、例えば ITO を形成したものを 2 枚用意した。そして、これらの基板をダストを除去するために洗浄した後、高分子からなる配向膜、例えばポリイミドをスピンコート法等により塗布し、加熱処理を行うことなどで配向膜を基板上に形成する。

【0384】この後、ローラ等により特定方向にラビング処理を施し、一方の基板の周辺にシールの印刷を行い、もう一方の基板に直径 5 μm ~ 20 μm 程度のビーズを分散させる。この 2 枚の基板をラビング方向が互いに対になるように張り合わせ空のセルを構成した。

【0385】屈折率異方性を有する光学媒体としては液晶を用い、ここで作製した空セルに対し注入を行った。今回使用した液晶は正の誘電異方性を有するものであるが、負の誘電異方性を有するものを使用することも可能である。

【0386】光重合性液晶モノマーまたは光架橋可能液晶ポリマー等が含まれており、360 nm 前後の紫外領域の波長の光照射により液晶は硬化し液晶分子の方向が固定化される特性を有している。注入は室温で大気雰囲気の中で行ったが、高温 40℃ ~ 60℃ 程度、また真空雰囲気での注入を行ってもよい。液晶を注入後のセルに対し注入口及び脱気口付近を封止剤により密閉し、液晶サンプルは完成した。

【0387】以上のようにして作製した液晶サンプルを図 42 で示す光学系の中の体積ホログラム素子 521 の作製位置にセッティングした。初めにシャッタ 912 及び 405 を開いた状態で、サンプル位置には、1 μm ピッチ程度の干渉縞が形成されるように調整した。この時のミラー 906 による 2 光束の集光角度は 15° ~ 45° 程度であり、Ar レーザの照射強度は 50 mW ~ 100 mW 程度である。

【0388】次に液晶サンプルに対してレーザにより干渉縞を形成するプロセスについて説明する。まず、シャ

ッタ912を閉じ、シャッタ405を開いた状態で液晶サンプルをセッティングする。そして、シャッタ912を所定の時間、ここでは1分間程度開放した後閉じる。

【0389】これが第一の工程であり、この過程により液晶サンプルにはレーザの2光束の干渉により形成されている干渉縞の強度の高い明部に属する領域の液晶の硬化が行われ、液晶分子が初期に配向された方向に分子軸が固定化される。ここでは、正の誘電異方性を有する液晶を用いているため、初期にはガラス基板に平行な方向に液晶分子は一樣に配向しており、この状態が保存されることになる。一方、干渉縞の暗部に属する領域では光強度が明部に比べ低いため、この第一の工程では液晶分子の硬化はほとんど促進されない。

【0390】次に、第二の工程として液晶サンプルの2枚のガラス基板の内側に形成された透明導電性電極としてのITO電極間に5(V/μm)程度の交流電界を印加する。この電界印加により干渉縞の暗部に属する領域の未硬化の液晶分子はガラス基板に対して垂直に立つ方向に傾斜する。この時の傾斜の角度は、印加する電界に比例するため電界の大きさを調整することで所望の傾斜角度、つまり屈折率差を与えることができる。

【0391】前記のように電圧を印加した状態でシャッタ405を閉じ、干渉縞を形成しない一樣な強度分布の光を体積ホログラム素子521の全面に5分間程度照射し、未硬化の暗部の領域の液晶含んだ全体を完全に硬化させる。

【0392】以上のような第一と第二の工程を行うことで、図18で示したような構造を有する体積ホログラム素子521を作製した。この素子の回折効率をHe-Neレーザを用い入射する偏光方向を変化させて測定した。常光線に対する透過率は98%前後であり、高い透過率を有していた。また、異常光線に対する1次の方向への回折効率は90%程度であり良好な結果が得られた。従って、ここで作製した体積ホログラム素子は高い偏光分離特性及び回折効率を有しており情報処理装置に使用される回折光学素子として有望であることが判明した。

【0393】(実施の形態8-3) 対向する2枚のガラス基板を用い、これに対し配向膜形成から実施の形態8-2と同様のプロセスを行い、液晶サンプルを試作した。このサンプルを図42に示す光学システムにセッティングし、第一の工程として干渉縞の明部の露光を行った。

【0394】次に、第二の工程として暗部の縞に属する領域の液晶分子の配向方向を初期位置から変化させるため、図42で示す体積ホログラムサンプル521に対し磁界を印加するための設定を行った。具体的には超伝導マグネットにより液晶サンプル周りに磁場を形成した。

【0395】液晶は誘電異方性を有するため、電界と同様磁界の印加によっても液晶分子の分子軸を変化させる

ことが可能である。前記のような磁場の印加により暗部の領域の液晶分子をガラス基板に対し垂直に立つ方向に変化させる。そして、この状態で、実施の形態8-2と同様にシャッタ405を閉じ、均一な光照射を液晶サンプルに行うことでパネル全体の硬化を行った。

【0396】磁界印加を用いた場合、液晶サンプルは透明導電性電極としてのITO等の形成が不要となるため、このプロセスが省略され構成が簡単でより安価な作製が可能である。更に、ガラス、ITO界面での屈折率差による反射光の影響が除去されるため、透過率が高くなり回折光学素子としての機能も向上することになる。

【0397】以上のようなプロセスで作製した体積ホログラム素子の偏光方向に対する回折効率を実施の形態8-2と同様の手法で測定した。この結果、回折効率としては90%以上の性能を有しており、磁界印加による方法によっても液晶分子方向の制御を適切に行うことができることが判明した。

【0398】(実施の形態8-4) ガラス基板に配向膜を塗布する工程から実施の形態8-3と同様に液晶サンプルの試作を行った。本実施の形態では、配向膜としてポリビニルシンナメート(PVCI)を用い、またローラリングの工程を省略した。このサンプルを図42における光学システムにセッティングした。今回、このシステムにおいてビームエキスパンダ913の直後に偏光子を設け、レーザ光の直線偏光成分のみを用いる構成とした。

【0399】まず、第一の工程として干渉縞の明部に属する領域の露光を実施の形態8-2と同様にして行った。この時、干渉縞パターンはレーザ光の直線偏光成分のみから成り立っている。高分子膜に光源として直線偏光を照射した場合、ランダムに配向している高分子の中からその主鎖(又は側鎖)を偏光方向に向けている分子が主に光を吸収し光反応を起こし、その膜に光学異方性が発現する。高分子材料等において、その高分子の光反応過程(光異性化、光重合、光分解)が照射される光の偏光方向とその高分子のなす角度によって制御できる。

【0400】従って、ここで干渉縞を構成する紫外領域の光の偏光方向を制御することにより、液晶の分子の配向方向がガラス基板に対し平行方向となるような設定を行った。

【0401】次に第二の工程では、前記の偏光子の直後に1/2波長板を置き、レーザ光の偏光方向を90°回転させた。そして、シャッタ405を閉じ、第一の工程における偏光方向と直交する方向に偏光方向を有する均一な光を液晶サンプルに照射した。暗部に属する領域では明部に対し、偏光方向が90°回転した光が照射されるため、液晶分子の配向方向が第一の工程の位置から変化して固定化される。

【0402】以上のプロセスによって干渉縞の明部と暗部に対応する層に液晶分子の方向が異なる周期構造を形

成することが可能になる。この場合、光照射によって液晶分子の配向を行うため、干渉縞の露光と併せて行うことが可能となり作製プロセスを簡略化できる。更に、ローラによるラビング法に対し、非接触で行うことができ、ダスト等の混入を防止し、信頼性の高い製造プロセス技術を確立でき、大量生産などにも安定して対応可能となる。

【0403】ここで作製した体積ホログラム素子521の回折効率を実施の形態8-2、3と同様の方法で評価した。この結果、回折効率としては70%程度であり、若干回折効率が低下するものの50%以上の効率が得られており、三次元的な周期構造が形成された回折光学素子が作製されたことが明らかとなった。

【0404】また、配向膜としてのPVCiを塗布した後、セルを組み立てる以前に特定の偏光方向を有する紫外領域の波長の光照射を行う過程を、液晶分子の配向性の改良のために導入してもよい。

【0405】（実施の形態8-5）実施の形態8-2と同様なプロセスを用い、液晶サンプルの試作を行った。今回はサンプルの半分の領域にマスクをし、図42に示す光学システムにセッティングした。そして、実施の形態8-2と同様に第一と第二の工程を行ってマスクのない領域に体積ホログラムを作製した。

【0406】次に、図42に示すミラー916の角度を変化させることで、2光束のビーム角度を5°程度変化した。そして、先のサンプルのマスク部分を取り除き、この部分に対して第一と第二の工程を繰り返し行い、体積ホログラムを作製した。

【0407】以上のようにして作製した体積ホログラム素子521を評価した結果、素子の全面への異常光線の照射に対し異なった2つの角度方向に光が回折された。

【0408】また、この時のそれぞれの回折効率は90%程度であり、複数の領域に異なった層構造を良好に作製できることが判明した。これを図40の構成に適用すれば、体積ホログラム素子521により2方向に分割されるため、光検出器902上の異なった領域で信号検出が1度に行われ、焦点ずれ、トラッキングずれ等の信号検出を効率よく行うことができる。

【0409】（実施の形態8-6）実施の形態8-2と同様にして液晶サンプルを作製した。これを図42に示す光学システムに導入し第一の工程を行うことで、干渉縞の明部に属する領域の露光を行った。ここで、ミラー916の角度を5°程度変化させ、異なる周期の干渉縞を形成し、この状態で前記の第一の工程を繰り返し明部の領域の露光を行った。

【0410】次に実施の形態8-2と同様にシャッタ405を閉じ、均一な光を体積ホログラム素子521に照射する第二の工程を行うことで体積ホログラム素子を作製した。

【0411】以上のようにして作製した体積ホログラム

素子521の評価を行った。異常光線を用い、回折効率測定用のレーザの角度を2回の干渉縞の露光に対応する方向に設定して、異なる角度でそれぞれ測定した。回折効率としてはそれぞれ2つの場合で75%~80%程度であった。干渉縞を重畳して形成することで多少回折効率が単独の場合に比べ減少しているが、これは液晶サンプルの厚さを厚く調整すること等でも改良は可能と考えられる。一方、常光線に対しては、実施の形態8-2と同様98%程度の透過率を有していた。

【0412】以上のように体積ホログラム素子521を干渉縞を重畳して作製することが可能であった。これは異なった波長をもつ複数のレーザを用いて光読み出し、記録を行う光情報処理装置において有効であると考えられる。

【0413】以上のように本実施の形態では、屈折率異方性を有する光学媒体により光情報処理装置に使用される回折光学素子の構成及びその製造方法について説明した。

【0414】屈折率異方性を有する光学媒体としては、ニオブ酸リチウム、KD2PO4、 $\beta$ -BaB2O4、PLZT等の電気光学効果等を有する一軸性の結晶を用いることも可能であり、また、KTiPO4等の二軸性の光学結晶等も含め屈折率異方性を有する媒体を用いることにより効果を発揮することも可能である。

【0415】尚、記録専用または読み出し専用の装置としても用いることができることは言うまでもない。

【0416】

【発明の効果】以上のように本発明によれば、入射光を回折／直進の切り替え可能で、かつ直進せしめる際に斜めに入射する異常光線の回折が極めて小さいホログラム素子を提供することができる。また、本発明のホログラム素子を用いて、安価で、高効率な偏光分離機能を実現し、それを用いて効率の高い画像表示を構成することができる。

【0417】さらに、本発明のホログラム素子を用いて、視野角は狭いが明るい画像表示と、正面からの明るさは暗くなるが視野角の広い画像表示を必要に応じて随時切り替え可能な直視型の画像表示装置を構成することができる。

【0418】また、画像表示部に光硬化型液晶によるマイクロセル構造を有する画素を形成することにより、広視野角で、高コントラストで、かつ均一な画像表示を実現することが可能となった。

【0419】尚、本発明に係る画像表示装置は、発明の趣旨に基づき種々の変形が可能であり、上記構成に限定されるものではない。

【0420】また、本発明によれば、安価で、かつコンパクトで高い分離効率を有する偏光分離素子を構成することができる。また、本発明に係る偏光分離素子を用いて構成される投写型画像表示装置によれば、高い光利用

効率を実現することができる。

【0421】また、本発明は、屈折率異方性を有する光学媒体を用いて三次元的な層構造を有する回折光学素子を偏光分離素子として用いた偏光照明装置とこれを利用した投写型表示装置に関するものである。屈折率異方性を有する光学媒体を用いることで特定の偏波成分に対しては透過し、これと直交する偏波成分に対しては回折といった偏光方向による選択性を有している。更に、三次元的な層構造から形成されているため、特定の方向に対しての回折効率が極めて高く、理論的には100%の回折効率を達成することが可能となる。

【0422】このように優れた偏光分離及び回折効率特性を同時に合わせて有している回折光学素子を用いて偏光照明装置を構成するため、極めて光利用効率の高い照明装置を提供することができる。また、これを用いて投写型の表示装置を構成することで、低消費電力で明るい画像を得ることが可能となる。

【0423】また、以上のようにディスプレイや照明光学系への幅広い応用が可能であり、大きな価値を有するものである。

【0424】また、本発明は屈折率異方性を有する光学媒体を用いて三次元的な層構造を有する回折光学素子とこれを液晶素子と組み合わせて構成した画像表示装置及び照明装置に関するものである。屈折率異方性を有する光学媒体を用いることで特定の偏波成分に対しては透過し、これと直交する偏波成分に対しては回折といった偏光方向による選択性を有している。更に、三次元的な層構造から形成されているため特定の方向に対しての回折効率が極めて高く、理論的には100%の回折効率を達成することが可能となる。このように優れた偏光分離及び回折効率特性を同時に合わせて有している回折光学素子と液晶素子を組み合わせて画像表示装置を構成した。このため、シースルー型のディスプレイや外部光及び内部光源との併用タイプのディスプレイ等を実現することができ、高機能化と共に低消費電力化、コンパクト性を有するものである。また、これらの画像表示装置と拡大光学系とを組み合わせる構成すれば携帯情報端末用のマイクロディスプレイとしての利用も期待できる。更に、画像表示装置と照明装置との併用も可能である。以上のようにディスプレイや照明光学系への幅広い応用が可能であり、大きな価値を有するものである。

【0425】さらに、本発明は、屈折率異方性を有する光学媒体を用いて三次元的な層構造を有する回折光学素子の構成及びその製造方法に関するもので、屈折率異方性を有する光学媒体を用いることで特定の偏波成分に対しては透過し、これと直交する偏波成分に対しては回折といった偏光方向による選択性を有している。

【0426】更に、三次元的な層構造から形成されているため特定の方向に対しての回折効率が極めて高く、理論的には100%の回折効率を達成することが可能とな

る。

【0427】このように、優れた偏光分離及び回折効率特性を同時に合わせて有しているため、光信号の書き込み及び記録を行う光情報処理装置を始め、ディスプレイ等の照明光学系における偏光分離素子等への幅広い応用が可能であり、大きな価値を有するものである。

【図面の簡単な説明】

【図1】従来の直視型の液晶表示装置の構成図

【図2】（a）従来の光スイッチの構成及び各領域の屈折率を示す図

（b）従来の光スイッチの構成及び各領域の屈折率を示す図

【図3】（a）斜めの入射光に対する従来の光スイッチの機能及び各領域の屈折率を示す図

（b）斜めに入射する光束の屈折率異方性を表す屈折率楕円体の構成図

【図4】従来の偏光証明装置の構成図

【図5】従来の他の偏光証明装置の構成図

【図6】従来の投写型画像表示装置の構成図

【図7】従来の投写型画像表示装置に用いるインテグレートを示す構成図

【図8】従来の投写型画像表示装置に用いる偏光変換素子を示す構成図

【図9】従来の液晶表示装置の構成図

【図10】（a）一実施の形態で構成したホログラム素子の構成及び液晶分子の配列、及び各領域の屈折率を示す図

（b）一実施の形態で構成したホログラム素子の構成及び液晶分子の配列、及び各領域の屈折率を示す図

【図11】一実施の形態で構成したホログラム素子の斜めに入射する光束に対する機能及び各領域の屈折率を示す図

【図12】（a）他の実施の形態で構成したホログラム素子の構成及び液晶分子の配列、及び各領域の屈折率を示す図

（b）他の実施の形態で構成したホログラム素子の構成及び液晶分子の配列、及び各領域の屈折率を示す図

【図13】一実施の形態で構成した偏光分離素子の構成図

【図14】一実施の形態で構成した偏光分離素子のプロセスにおける液晶の配向状態を表した平面図

【図15】一実施の形態で構成した偏光分離素子のプロセスにおける液晶の配向状態及び、入力される干渉稿の強度分布を表した模式図

【図16】一実施の形態で構成した偏光分離素子における液晶の配向状態を表した模式図

【図17】一実施の形態で構成した偏光分離素子の効率を表した図

【図18】回折光学素子の内部構成の一例を示す断面図

【図19】（a）回折光学素子の角度及び波長依存性の



一例を示す図

(b) 回折光学素子の角度及び波長依存性の一例を示す図

【図 2 0】回折光学素子を用いた偏光照明装置の一実施の形態の構成図

【図 2 1】回折光学素子を用いた偏光照明装置の一実施の形態の構成図

【図 2 2】回折光学素子を用いた偏光照明装置の一実施の形態の構成図

【図 2 3】回折光学素子を用いた偏光照明装置の一実施の形態の構成図

【図 2 4】回折光学素子を用いた偏光照明装置の一実施の形態の構成図

【図 2 5】回折光学素子を用いた投写型表示装置の一実施の形態の構成図

【図 2 6】回折光学素子を用いた偏光照明装置の一実施の形態の構成図

【図 2 7】ホログラム素子を用いた画像表示装置の構成図

【図 2 8】(a) 透過型のカラー表示タイプの投写型表示装置の一実施の形態を示す構成図

(b) 透過型のカラー表示タイプの投写型表示装置の一実施の形態を示す構成図

【図 2 9】(a) 反射型のカラー表示タイプの投写型表示装置の一実施の形態を示す構成図

(b) 透過型のカラー表示タイプの投写型表示装置の一実施の形態を示す構成図

【図 3 0】回折光学素子を用いた画像表示装置の一実施例の形態の構成図

【図 3 1】回折光学素子を用いた画像表示装置の他の実施の形態の構成図

【図 3 2】回折光学素子を用いた反射型の画像表示装置の一実施例の形態の構成図

【図 3 3】回折光学素子を用いたバックライト併用の反射型の画像表示装置の一実施の形態の構成図

【図 3 4】回折光学素子を用いた画像表示装置の一実施の形態の構成図

【図 3 5】回折光学素子を用いた画像表示装置及び照明装置としての一実施の形態の構成図

【図 3 6】回折光学素子を用いた画像表示装置の一実施の形態の構成図

【図 3 7】回折光学素子を用いた小型画像表示装置の一実施の形態の構成図

【図 3 8】(a) ホログラム素子を用いた他の構成の画像表示装置の構成図

(b) ホログラム素子を用いた他の構成の画像表示装置の構成図

【図 3 9】(a) 他の実施の形態の画像表示装置に用いられるホログラム素子の構成図

(b) 他の実施の形態の画像表示装置に用いられるホロ

グラム素子の構成図

【図 4 0】回折光学素子を用いた光情報処理装置の一実施の形態の構成図

【図 4 1】(a) 一軸性の光学媒体の屈折率楕円体に基づく屈折率変調の一例を示す図

(b) 一軸性の光学媒体の屈折率楕円体に基づく屈折率変調の一例を示す図

【図 4 2】回折光学素子の製造方法の一実施の形態で構成した光学系を示す図

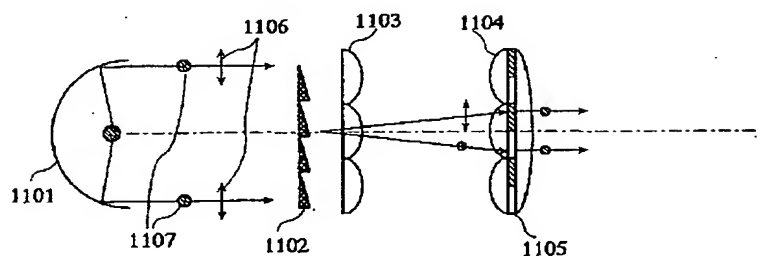
【符号の説明】

4 0 5	シャッタ
5 0 1	I T O
5 0 2	ガラス基板
5 0 3, 5 0 4	領域
5 0 3 a, 5 0 4 a	液晶分子
5 0 4	領域
5 0 4 a	液晶分子
5 1 0	偏光分離素子
5 1 1, 5 1 2	ホログラム素子
5 1 2	ホログラム素子
5 1 3, 5 1 4	ガラス基板
5 1 5	UV硬化型液晶
5 1 5 a	液晶分子
5 1 5 b	液晶分子
5 2 1	ホログラム素子
5 2 2	光学媒体
5 3 0	偏光分離素子
5 3 1	全反射ミラー
5 3 2	ホログラム素子
5 3 3	ランプ
5 3 4	リフレクタ
5 4 0	偏光変換素子
5 4 1	インテグレータ
5 4 2	レンズ群
5 4 2 a	レンズ
5 4 3	レンズ群
5 4 3 a	レンズ
5 4 4	位相差板
5 4 5	フィールドレンズ
5 4 6	集光レンズ
5 4 7	画像表示素子
5 5 0	偏光変換素子
5 5 1	ホログラム素子
5 5 2	位相差板
5 6 0	偏光変換素子
5 6 1, 5 6 2	ホログラム素子
5 6 2	ホログラム素子
5 6 3	位相差板
5 7 0	偏光変換素子
5 7 1	レンズ群

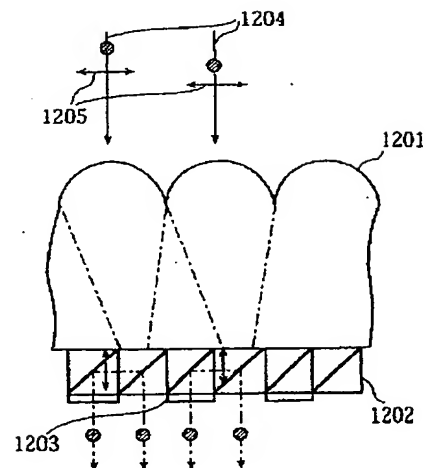
571a レンズ  
 572, 573 ホログラム素子  
 574 位相差板  
 575 フィールドレンズ  
 576 集光レンズ  
 577 画像表示素子  
 578 投射レンズ  
 579 スクリーン  
 590 偏光変換素子  
 600 投写型画像表示装置  
 601 偏光照明装置  
 602 投写レンズ  
 610 色分解系要素  
 611 ダイクロイックプリズム  
 612~614 全反射ミラー  
 620 色合成系要素  
 621~623 全反射ミラー  
 624~626 画像表示素子  
 625 ダイクロイックプリズム  
 627 ダイクロイックプリズム  
 628 投射レンズ  
 629 スクリーン  
 630 色合成系要素  
 631~633 偏光ビームスプリッタ  
 634~636 画像表示素子  
 637 ダイクロイックミラー  
 701 液晶素子  
 702, 703 ホログラム素子  
 704 光源  
 704a ランプ  
 704b リフレクタ  
 710 外部光  
 711 ミラー

720 液晶素子  
 721 カラーフィルタ  
 731 画像表示装置  
 732 壁面  
 733 車両  
 741, 742 回折光学素子  
 741~744 ホログラム素子  
 745, 746 位相差板  
 751 ホログラム素子  
 752 回折光学素子  
 753 板  
 754 拡大光学系  
 819 透過型液晶パネル  
 820 ホログラム素子  
 821 導光体  
 822 光束  
 823 反射ミラー  
 824 光束  
 825 反射鏡  
 828 常光線  
 829 反射光束  
 901 半導体レーザ  
 902 光検出器  
 904 結像レンズ  
 905 液晶素子  
 906 光記憶媒体  
 907 観察者  
 911 レーザ  
 912 シャッタ  
 913 ビームエキスパンダ  
 915 ビームスプリッタ  
 916 ミラー

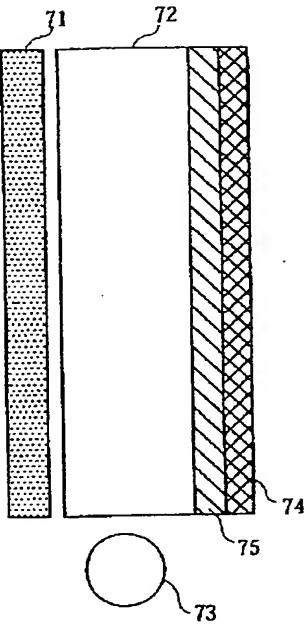
【図 4】



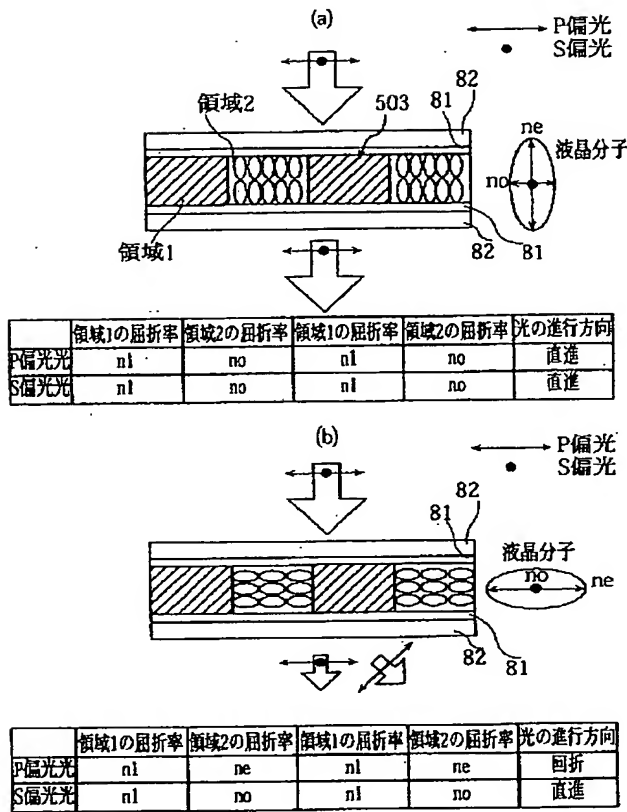
【図 5】



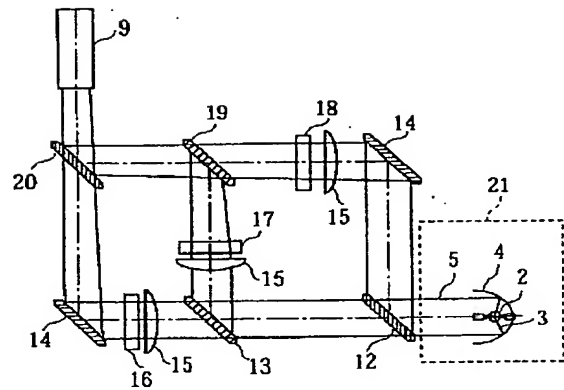
【図 1】



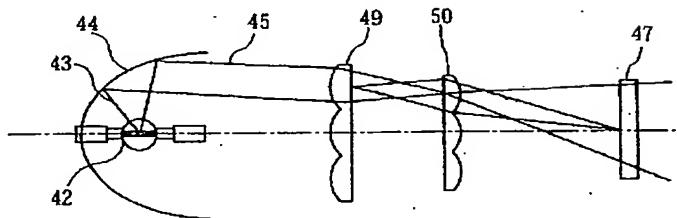
【図 2】



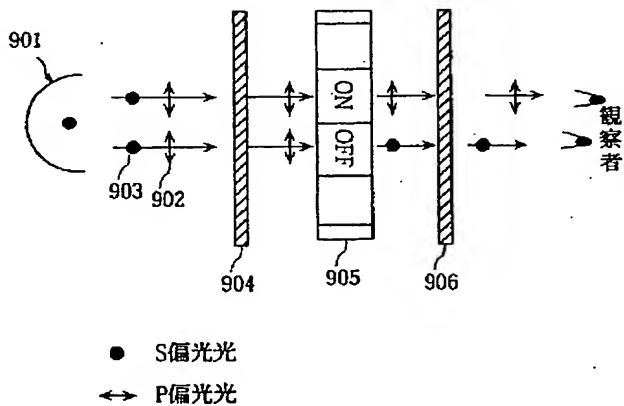
【図 6】



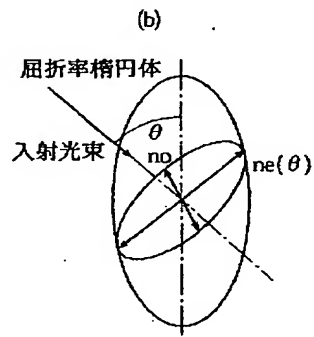
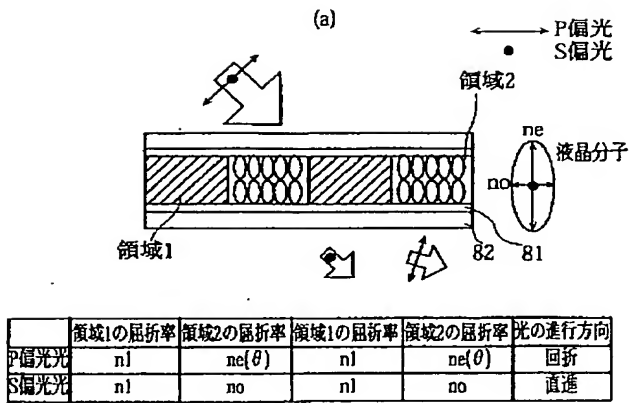
【図 7】



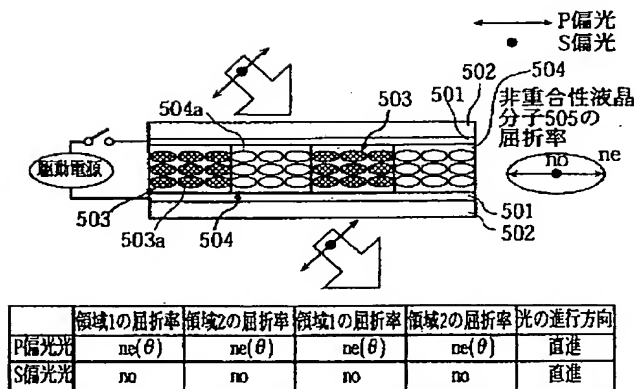
【図 9】



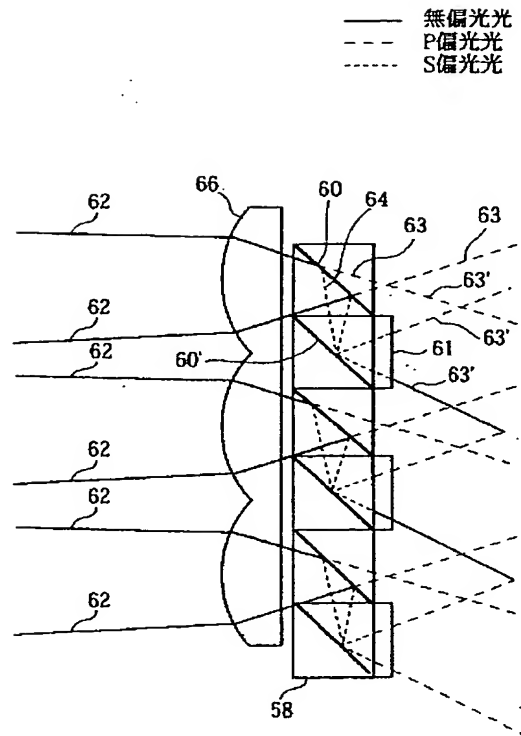
【図3】



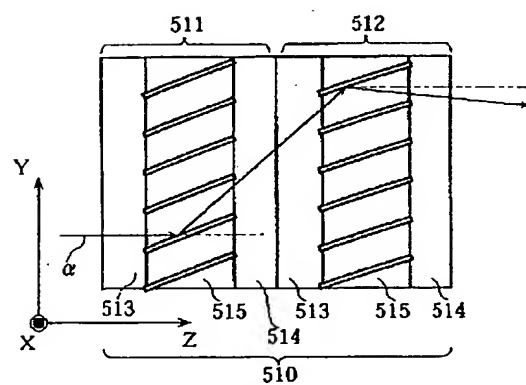
【図11】



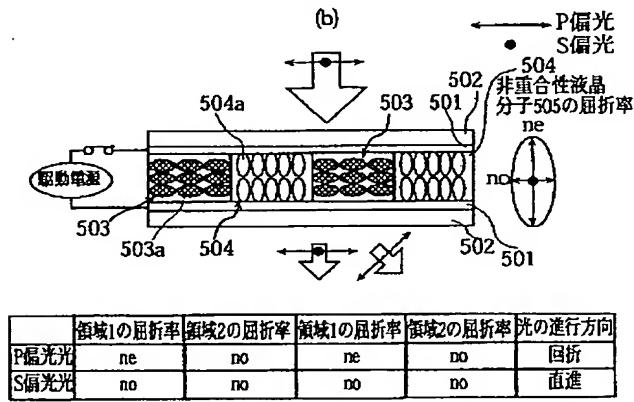
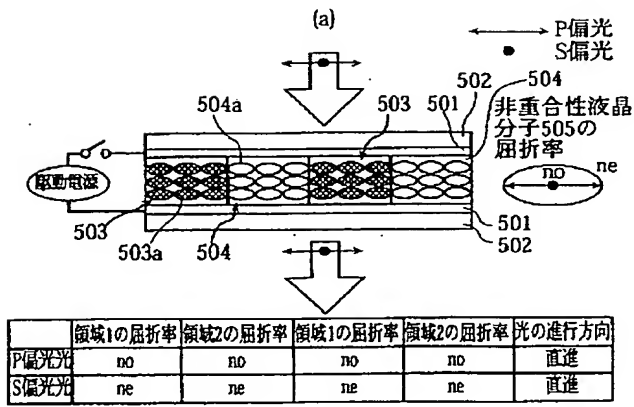
【図8】



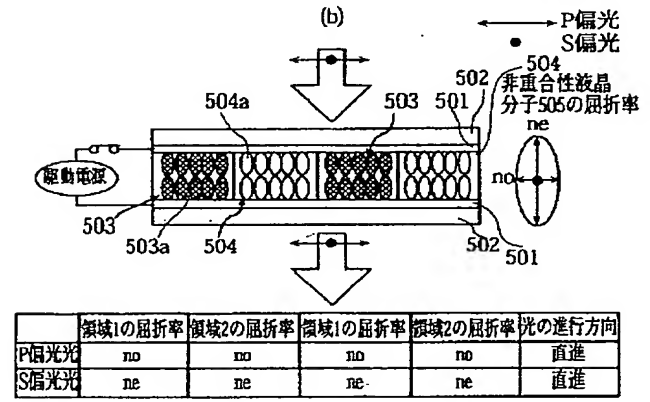
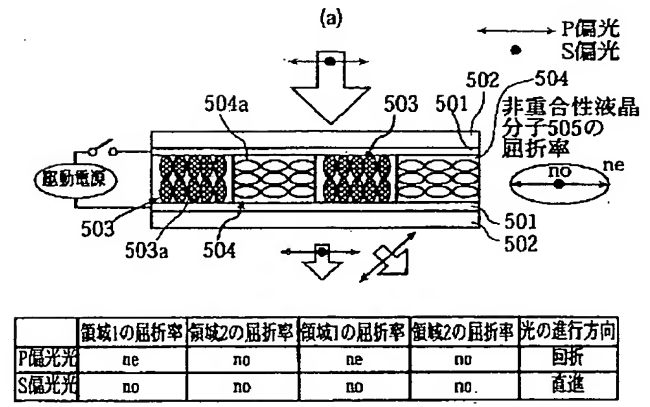
【図13】



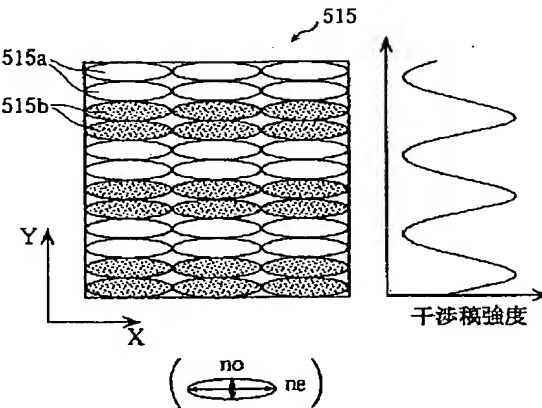
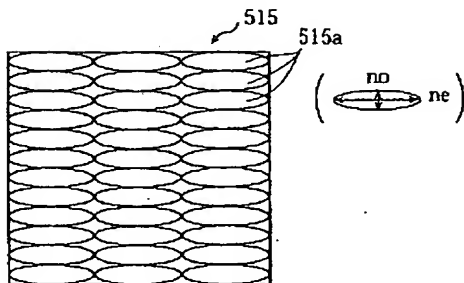
【図10】



【図12】

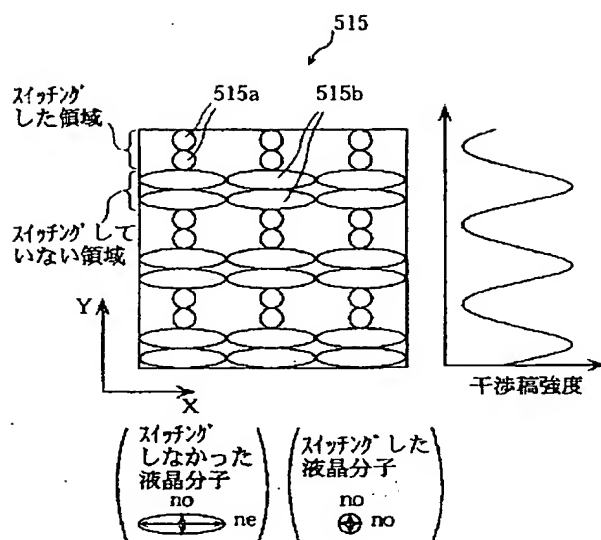


【図14】

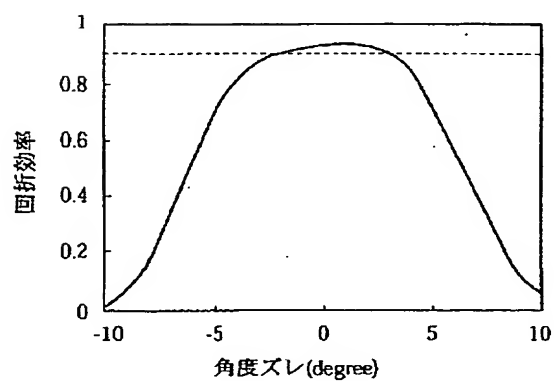


【図15】

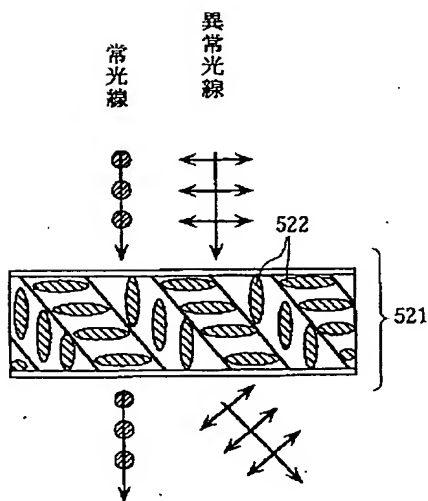
【図 16】



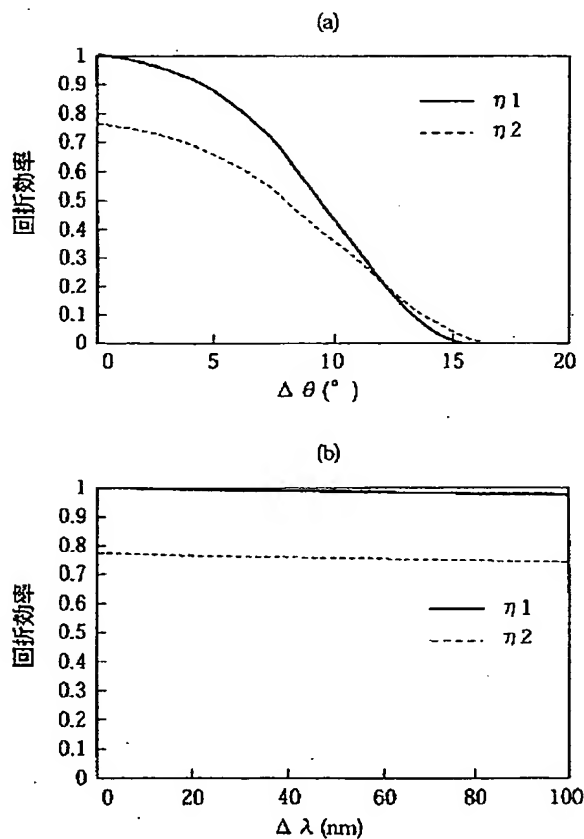
【図 17】



【図 18】

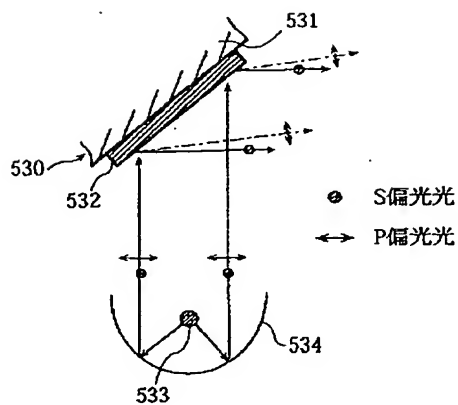


【図 19】

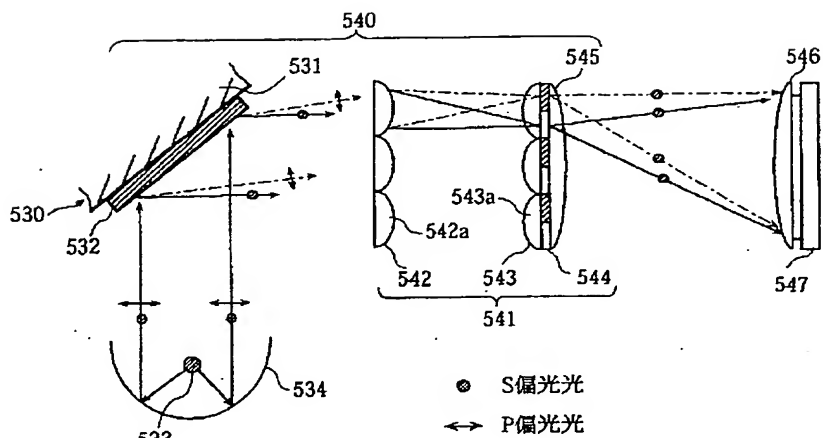




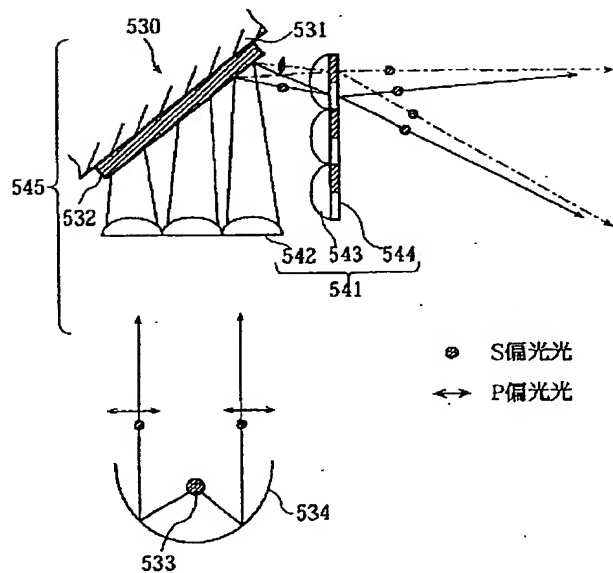
【図 2 0】



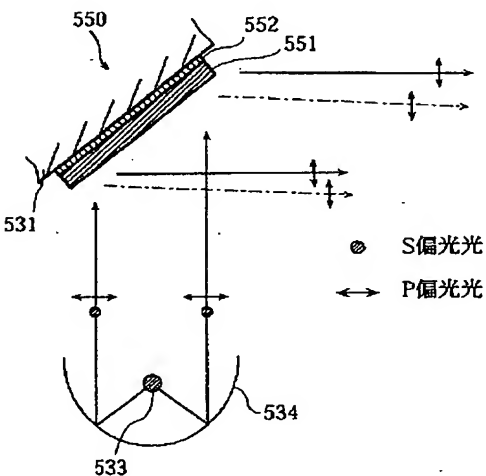
【図 2 1】



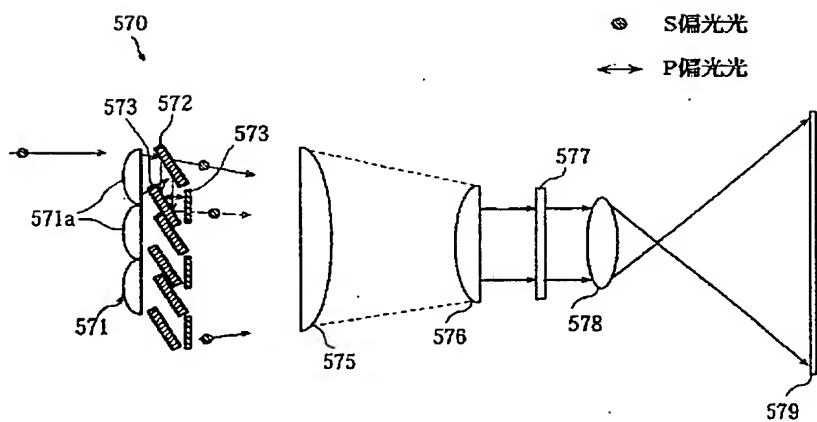
【図 2 2】



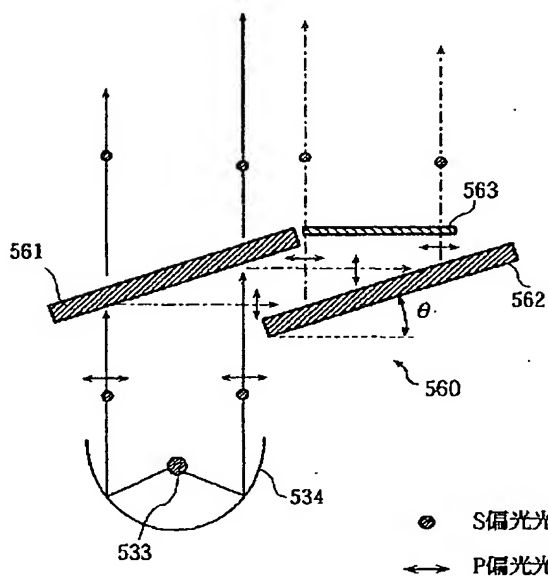
【図 2 3】



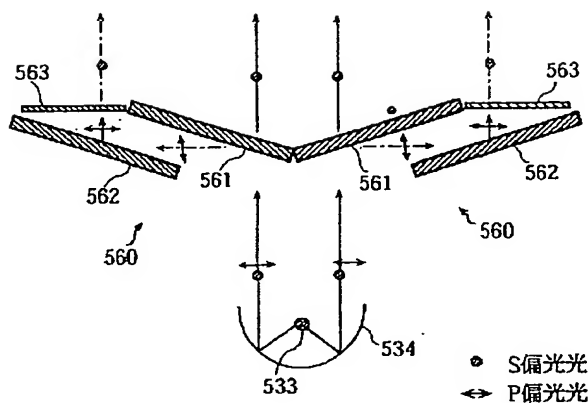
【図 2 5】



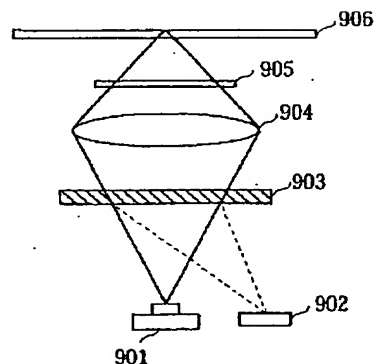
【図 24】



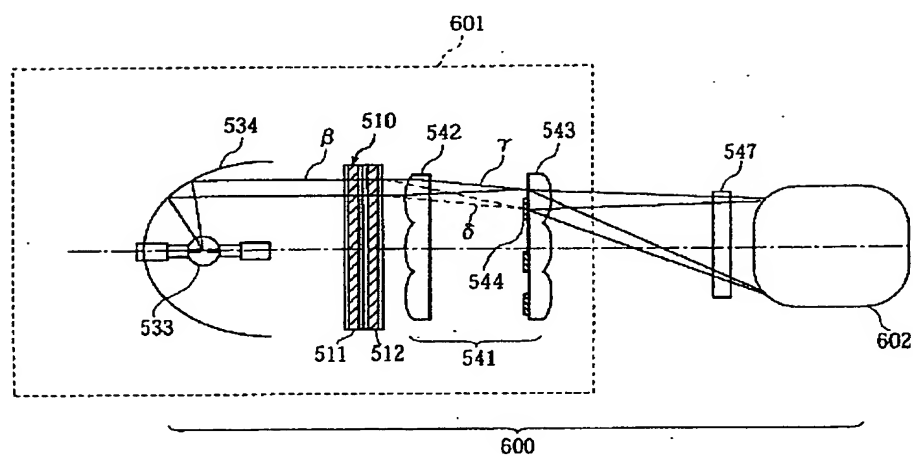
【図 26】



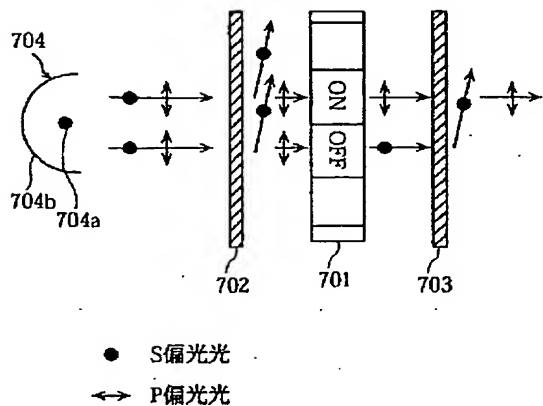
【図 40】



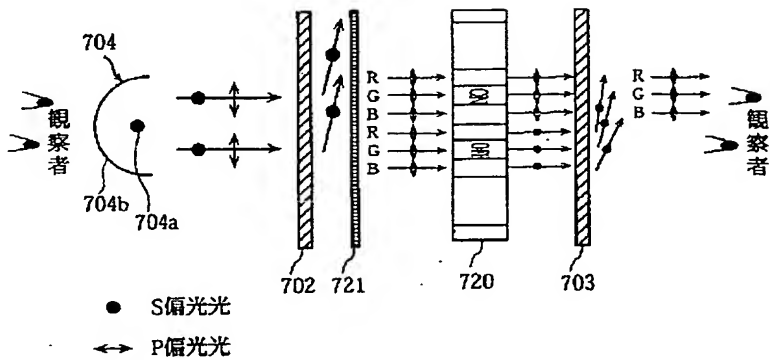
【図 27】



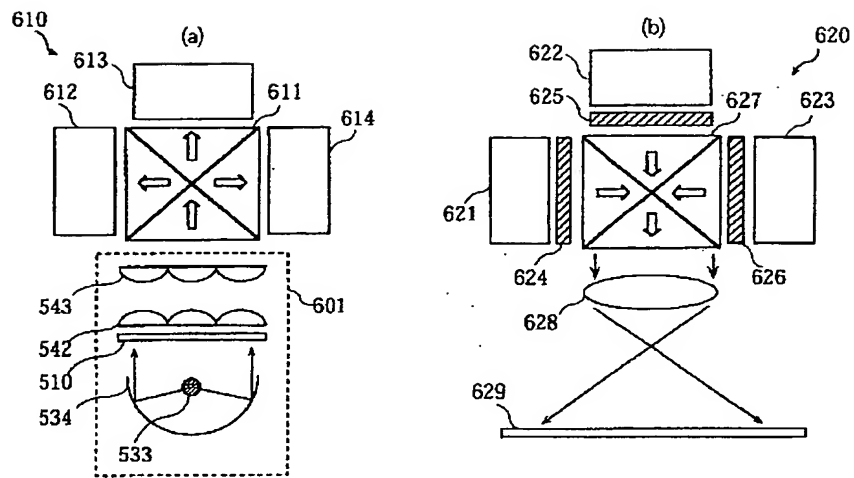
【図 30】



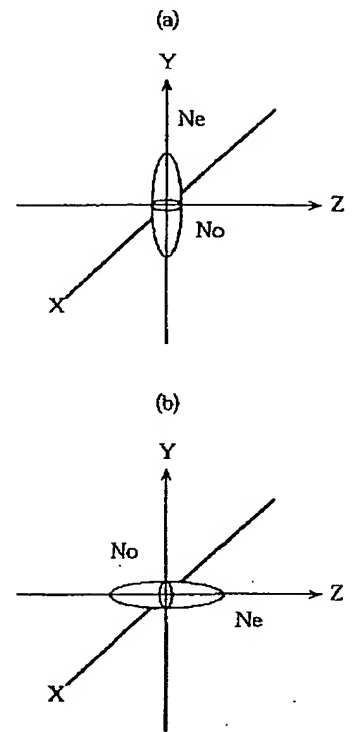
【図 34】



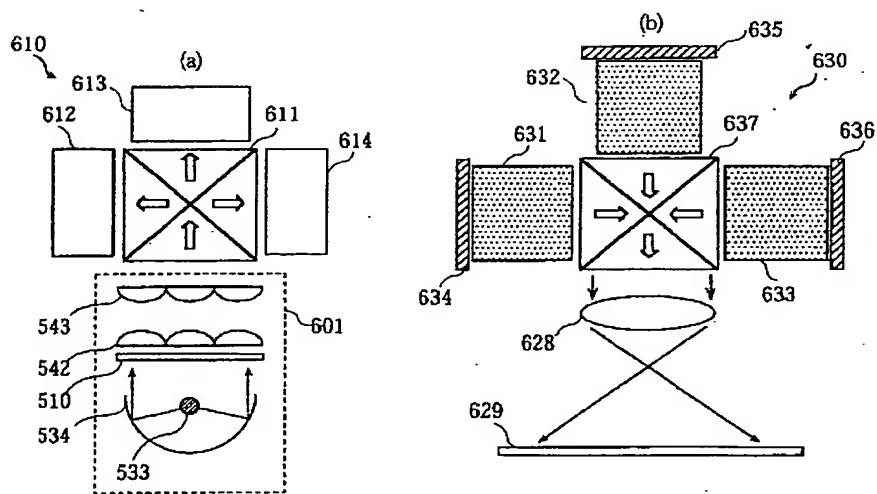
【図 28】



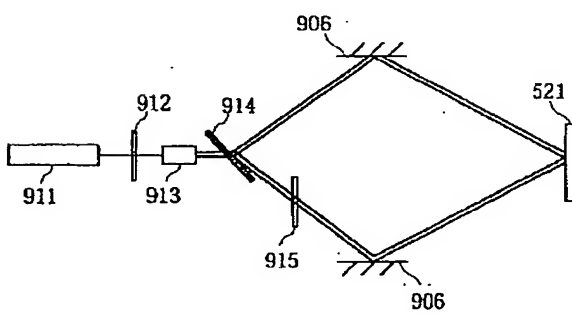
【図 41】



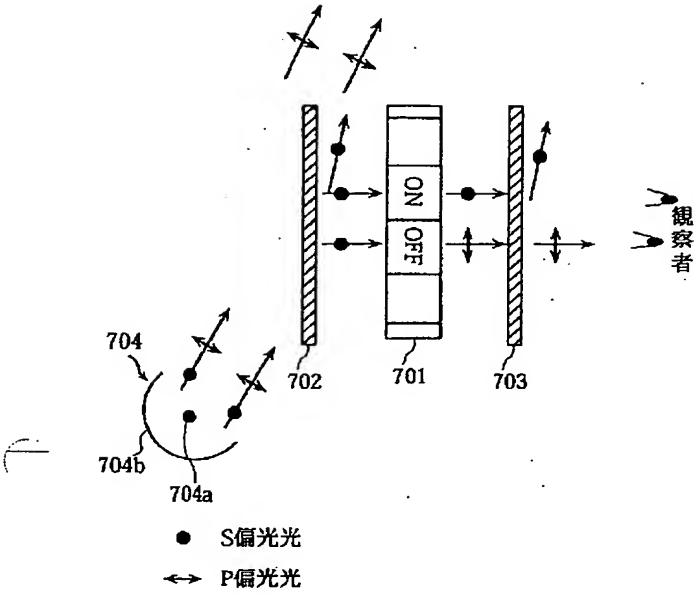
【図 29】



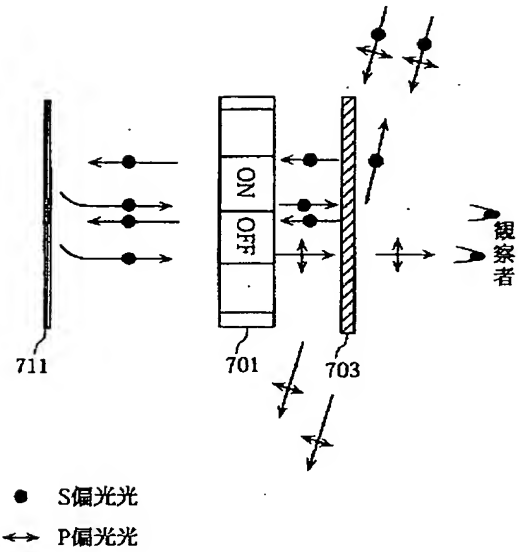
【図 42】



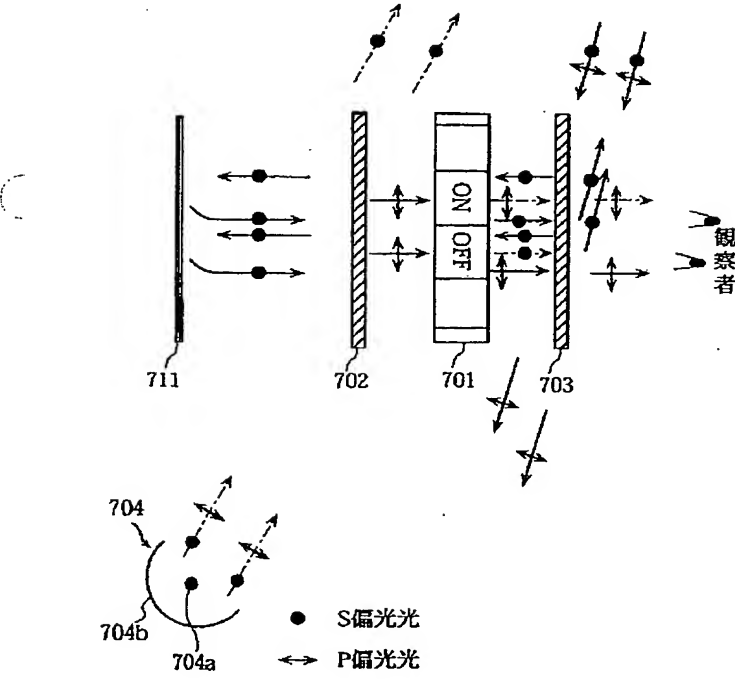
【図 3 1】



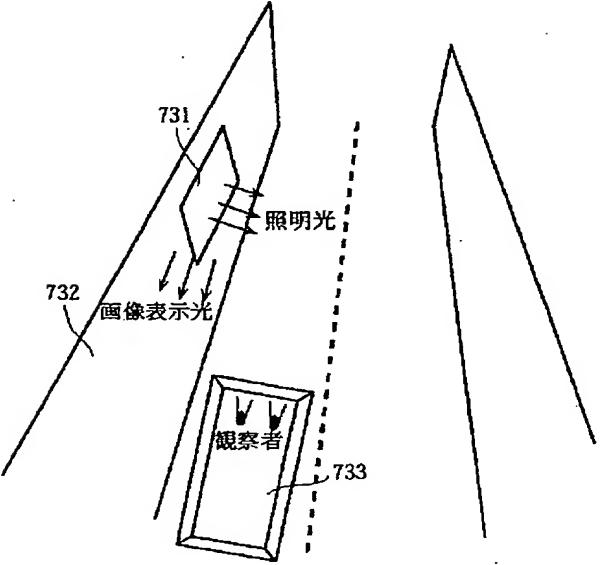
【図 3 2】



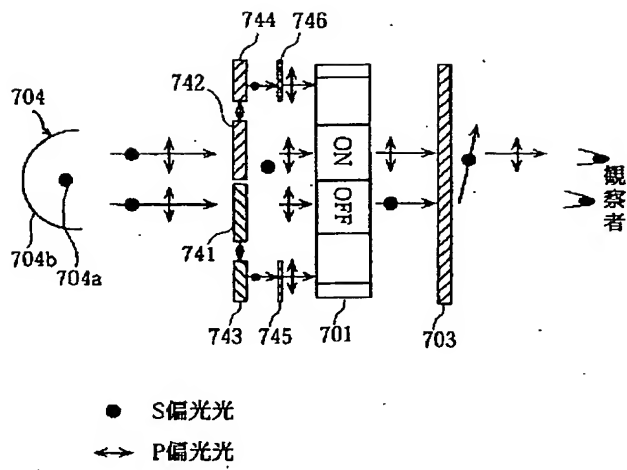
【図 3 3】



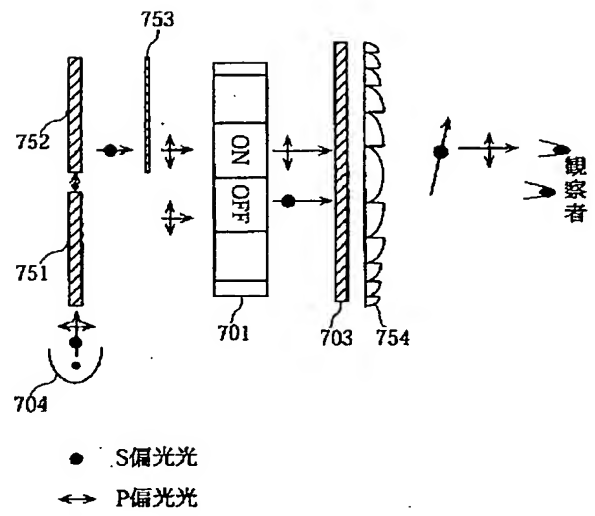
【図 3 5】



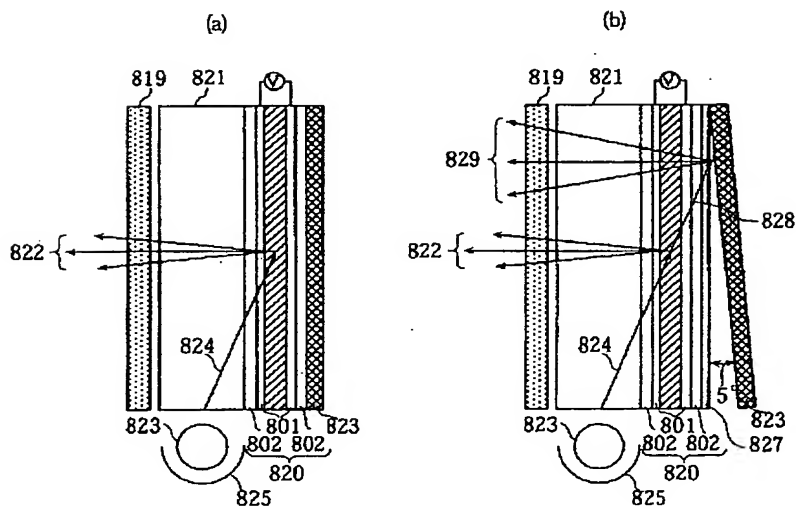
【図 3 6】



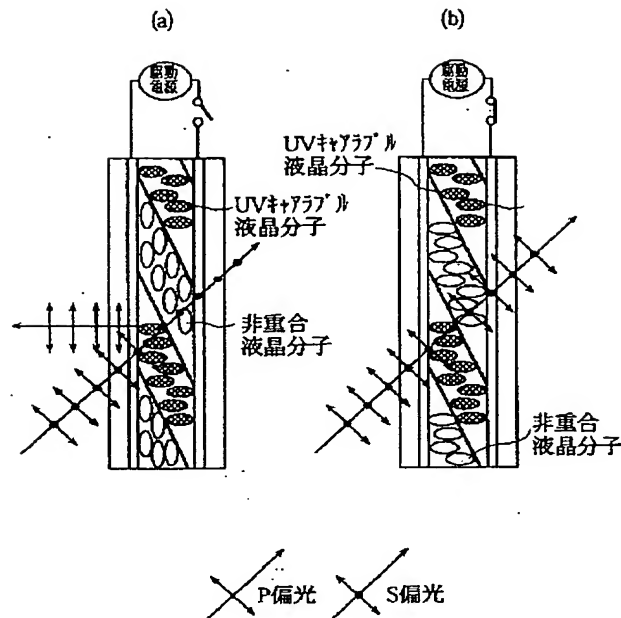
【図 3 7】



【図 3 8】



【図 39】



## 【手続補正書】

【提出日】平成10年12月28日

## 【手続補正2】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】全文

【補正方法】変更

【補正内容】

【書類名】明細書

【発明の名称】 画像表示装置、偏光照明装置、偏光分離素子、回折光学素子、およびホログラム素子、ならびに回折光学素子およびホログラム素子の製造方法

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 材料の組成の異なる複数の領域を有し、前記複数の領域は、少なくとも特定の波長により硬化し、かつ屈折率異方性を有する光硬化型液晶からなる第1の領域と、該波長によって非硬化な液晶（以下、非重合性液晶と略記する）からなる第2の領域から形成され、前記光硬化型液晶の硬化後の常光線に対する屈折率及び異常光線に対する屈折率が前記非重合性液晶の常光線に対する屈折率及び異常光線に対する屈折率と各々略等しいことを特徴とするホログラム素子。

【請求項2】 前記非重合性液晶に対する印加電圧により、非重合性液晶のスイッチング状態を制御することで入射する異常光線に対する第2の領域の屈折率を制御することを特徴とする請求項1に記載のホログラム素子。

【請求項3】 前記光硬化型液晶と前記非重合性液晶を略

均一に混合せしめてなる混合液晶を、特定の間隔を設けて配置された2枚の平行平板状のガラス基板間に注入し、前記光硬化型液晶を硬化せしめる波長のレーザー光で前記注入された混合液晶を干渉露光せしめることによって、前記複数の領域を形成することを特徴とする請求項1に記載のホログラム素子の製造方法。

【請求項4】 少なくとも請求項1または2記載のホログラム素子と、前記ホログラム素子を照明する照明手段と、前記ホログラム素子の出力光束を変調することで画像を表示する画像表示手段とを具備することを特徴とする画像表示装置。

【請求項5】 前記ホログラム素子は、無偏光である入射光束の中から特定の偏光成分の射出角のみを選択的に変化せしめることを特徴とする請求項4に記載の画像表示装置。

【請求項6】 前記ホログラム素子は前記照明手段からの入射光の中で特定の偏光成分（以下、第1の偏光成分と略記する）を前記画像表示手段の略法線方向に回折せしめる機能を有し、前記ホログラム素子は前記第2の領域に対する印加電圧を制御することにより前記機能を制御することを特徴とする請求項4に記載の画像表示装置。

【請求項7】 前記画像表示手段が、特定の偏光成分（以下、第2の偏光成分と略記する）のみ変調する機能を有しており、かつ前記ホログラム素子によって選択的に回折される前記第1の偏光成分と前記第2の偏光成分の電



界ベクトルの振動する方向が略等しいことを特徴とする請求項 4 に記載の画像表示装置。

【請求項 8】前記ホログラム素子の裏面に  $\lambda/4$  波長板と反射ミラーを備えており、前記反射ミラーの設置角度は前記ホログラム素子に対して少なくとも  $5^\circ$  以上であることを特徴とする請求項 4 に記載の画像表示装置。

【請求項 9】少なくとも各画面毎に硬化された光硬化型液晶で囲まれたマイクロセル構造を有し、かつ前記マイクロセル内に非重合性液晶を具備し、かつ前記光硬化型液晶の硬化後の常光線に対する屈折率及び異常光線に対する屈折率が前記非重合性液晶の常光線に対する屈折率及び異常光線に対する屈折率と各々略等しいことを特徴とする画像表示装置。

【請求項 10】少なくとも、入射光束に対して偏光異方性を有し、

概ね第 1 の偏光成分のみ選択的に回折せしめる平板状の第 1 及び第 2 のホログラム素子からなり、

前記第 1 のホログラム素子に入射する入射光束と光軸のなす角  $\theta_0$  と、

前記入射光束が前記第 1 のホログラム素子により回折された第 1 の出力光束が光軸となす角度  $\theta_1$  と、

前記第 1 の出力光束が前記第 2 のホログラム素子に入射後回折されて出力される第 2 の光束が光軸となす角度  $\theta_2$  が下式の

$$|\theta_1 - \theta_2| > 20$$

$$|\theta_0 - \theta_2| < 15$$

を満足することを特徴とする偏光分離素子。

【請求項 11】前記偏光分離素子は、ガラス基板によりホログラム材料を挟持して構成されてなることを特徴とする請求項 10 記載の偏光分離素子。

【請求項 12】前記ホログラム材料は、UV 硬化型液晶であることを特徴とする請求項 10 記載の偏光分離素子。

【請求項 13】前記ホログラム材料が、特定領域の波長に対して感度を有するフォトリソマーと液晶ポリマーとの混合物であることを特徴とする請求項 10 記載の偏光分離素子。

【請求項 14】少なくとも、偏光型画像表示手段と、前記偏光型画像表示手段を照明する照明手段を備えた投射型画像表示装置であって、

前記偏光型画像表示手段は、該偏光型画像表示手段に入射する前記照明手段からの照明光の中で特定の偏光成分を変調し出力することで画像を表示し、

前記照明手段は、少なくとも発光手段と、前記発光手段の出力光束を集光する第 1 の集光手段と、前記偏光分離素子と、複数の微小レンズを 2 次元にアレイ状に配置してなる第 1 及び第 2 の蠅の目レンズから構成されるインテグレートラを具備しており、

前記偏光分離素子は第 1 の蠅の目レンズと第 1 の集光手段の間に配置され、入射光束の中で第 1 の偏光成分を回

折せしめ前記第 2 の光束として出力し、第 1 の偏光成分と直交する偏光方向を有する第 2 の偏光成分を概ね回折せずに第 3 の光束として出力し、

前記第 1 の蠅の目レンズを構成する第 1 の微小レンズ群の各レンズは第 2 の蠅の目レンズを構成する第 2 の微小レンズ群の中で対応する微小レンズに発光手段の像を結像せしめ、

かつ前記第 2 の光束もしくは第 3 の光束が結像する位置に偏光方向を略  $90^\circ$  回転せしめる偏波面回転手段を具備することを特徴とする投射型画像表示装置。

【請求項 15】互いにほぼ平行に配置され、それぞれ互いにほぼ等しい所定の偏光成分を選択的に回折させる平板状の第 1 および第 2 のホログラム素子を備え、

上記第 1 のホログラム素子に入射し、上記第 1 および上記第 2 のホログラム素子により回折されて上記第 2 のホログラム素子から出射する回折光束と、

上記第 1 のホログラム素子に入射し、上記第 1 および上記第 2 のホログラム素子を透過して上記第 2 のホログラム素子から出射する透過光束とのなす角度が  $0^\circ$  を越え、かつ、 $15^\circ$  未満であるとともに、

上記第 1 のホログラム素子に入射し、上記第 1 および第 2 のホログラム素子により回折される光束における、

それぞれのホログラム素子に入射する光束とそれぞれのホログラム素子により回折された光束とのなす角度が、それぞれ  $20^\circ$  を越えることを特徴とする偏光分離素子。

【請求項 16】請求項 15 の偏光分離素子であって、上記第 1 および第 2 のホログラム素子は、1 対のガラス基板間にホログラム材料が配置されて構成されていることを特徴とする偏光分離素子。

【請求項 17】請求項 16 の偏光分離素子であって、上記ホログラム材料は、紫外線硬化型液晶が硬化してなることを特徴とする偏光分離素子。

【請求項 18】請求項 16 の偏光分離素子であって、上記ホログラム材料は、所定領域の波長の光の照射に対して硬化性を有するフォトリソマーと液晶ポリマーとの混合物が硬化してなることを特徴とする偏光分離素子。

【請求項 19】発光手段と入射した光束における互いに異なる方向の偏光成分の光路を異ならせる偏光分離素子と、

上記偏光分離手段から出射する上記回折光束、および透過光束をそれぞれ互いに異なる第 1 および第 2 の位置に集光させる集光手段と、

上記第 1 および第 2 の位置の何れか一方に、入射した偏光成分の偏光方向を回転させる偏波面回転手段とを備えた画像表示装置であって、

上記偏光分離手段は、

互いにほぼ平行に配置され、それぞれ互いにほぼ等しい所定の偏光成分を選択的に回折させる平板状の第 1 および第 2 のホログラム素子を備え、

上記第 1 のホログラム素子に入射し、上記第 1 および上

記第 2 のホログラム素子により回折されて上記第 2 のホログラム素子から出射する回折光束と、

上記第 1 のホログラム素子に入射し、上記第 1 および上記第 2 のホログラム素子を透過して上記第 2 のホログラム素子から出射する透過光束とのなす角度が  $0^\circ$  を越え、かつ、 $15^\circ$  未満であるとともに、

上記第 1 のホログラム素子に入射し、上記第 1 および第 2 のホログラム素子により回折される光束における、それぞれのホログラム素子に入射する光束とそれぞれのホログラム素子により回折された光束とのなす角度が、それぞれ  $20^\circ$  を越えるものであることを特徴とする偏光分離素子。

【請求項 20】請求項 19 の画像表示装置であって、さらに、

それぞれ複数の微小レンズが配列されて成る第 1 および第 2 の蠅の目レンズを有するとともに上記第 1 の蠅の目レンズを構成する各微小レンズが上記第 2 の蠅の目レンズを構成する微小レンズにおける対応する微小レンズに上記発光手段の像を結像させるインテグレータを備え、上記集光手段は、上記インテグレータの第 1 の蠅の目レンズであることを特徴とする画像表示装置。

【請求項 21】請求項 19 の画像表示装置であって、上記回折光束と上記透過光束とは互いに偏光方向が直交する光束であって、

上記偏波面回転手段は、入射した光束の偏光方向をほぼ  $90^\circ$  回転させることを特徴とする画像表示装置。

【請求項 22】光源と屈折率異方性を有する回折光学素子とこれに隣接して配置された全反射ミラーとを少なくとも具備し、

前記光源からの出射光の 1 方向の偏波成分（P 波もしくは S 波）は、前記回折光学素子を透過し前記反射ミラーにより反射され、再び前記回折光学素子を通過して出射し、

前記出射光に対し概ね直交する成分（S 波もしくは P 波）は前記回折光学素子の回折作用により伝搬方向を変化して出射する時、前記回折光学素子からの回折波と前記全反射ミラーからの反射波との伝搬方向が概ね同じであって相対的な出射角度が異なるように前記回折光学素子の所定波面が形成されていることを特徴とする偏光照明装置。

【請求項 23】光源と屈折率異方性を有する回折光学素子とこれに隣接して配置された全反射ミラーと前記全反射ミラーからの反射光の偏光方向を出射時の光の偏光方向に対して概ね直角方向に回転させるため、回折光学素子への光路中に配置された位相板を少なくとも具備し、前記光源からの出射光の 1 方向の偏波成分（P 波もしくは S 波）は、前記回折光学素子を透過し前記反射ミラーにより反射され、前記位相板及び前記回折光学素子を通過して出射し、

前記出射光に対し概ね直交する成分（S 波もしくは P

波）は前記回折光学素子の回折作用により伝搬方向を変化して出射する時、前記回折光学素子からの回折波と前記全反射ミラーからの反射波との伝搬方向が概ね等しく略平行光束となるように前記回折光学素子の所定波面が形成されていることを特徴とする偏光照明装置。

【請求項 24】前記回折光学素子からの回折波と前記全反射ミラーにより反射されて出射した光波との偏光方向が概ね等しいことを特徴とする請求項 23 記載の偏光照明装置。

【請求項 25】前記回折光学素子は前記全反射ミラーにより反射され、位相板を通過した光波を概ね透過することを特徴とする請求項 23 記載の偏光照明装置。

【請求項 26】光源と屈折率異方性を有する 1 組の回折光学素子と入射する光波の偏光方向を概ね直角方向に回転させるための位相板を少なくとも構成要素とし、前記光源からの出射光は一方の回折光学素子に入射し、偏波成分（P 波もしくは S 波）毎に透過または回折され、

回折波は他方の回折光学素子に入射してさらに回折されて出射し、

1 組の回折光学素子の透過波または回折波のいずれか一方の光路中に位相板が配置された構成において、

1 組の回折光学素子により透過または回折された後の光波が略平行光束となるように 1 組の回折光学素子が配置されていることを特徴とする偏光照明装置。

【請求項 27】前記 1 組の回折光学素子の光波の入射面が互いに概ね平行であり且つ前記光源からの出射光の光軸に垂直な面に対し、前記 1 組の回折光学素子の傾き角が  $45^\circ$  以下であることを特徴とする請求項 26 記載の偏光照明装置。

【請求項 28】前記 1 組の回折光学素子から出射された略平行光束の偏光方向が概ね等しいことを特徴とする請求項 26 記載の偏光照明装置。

【請求項 29】光源からの出射光を偏波成分（P 波もしくは S 波）毎に透過または回折する回折光学素子と前記回折波をさらに回折するもう 1 つの回折光学素子の組と、

前記 1 組の回折光学素子の透過波または回折波のいずれか一方の光路中に配置された位相板とが 1 つの構成単位である時、

前記 1 組の回折光学素子と位相板からなる構成単位が複数隣接して並んで配置されていることを特徴とする偏光照明装置。

【請求項 30】前記複数の構成単位から出射された光束が略平行光束であって且つ偏光方向が概ね揃っていることを特徴とする請求項 29 記載の偏光照明装置。

【請求項 31】前記位相板は入射する光波の偏光方向を概ね直角方向に回転させる機能を有することを特徴とする請求項 29 記載の偏光照明装置。

【請求項 32】前記複数の構成単位を形成する前記 1 組

の回折光学素子の光波の入射面が互いに概ね平行であり且つ前記光源からの出射光の光軸に垂直な面に対し前記1組の回折光学素子の傾き角が $45^\circ$ 以下であることを特徴とする請求項2.9記載の偏光照明装置。

【請求項33】前記回折光学素子は屈折率異方性を有する光学媒体を用いて周期構造が形成されており、入射光の1方向の偏波成分（P波もしくはS波）に対し前記周期構造に対応した屈折率分布を生じ、この屈折率差により光の回折を生じ且つ前記入射光に対し概ね直交する成分（S波もしくはP波）に対しては優先的に直進する機能を有していることを特徴とする請求項2.2、2.3、2.6、2.9のいずれかに記載の偏光照明装置。

【請求項34】前記回折光学素子の周期構造が屈折率異方性を有する光学媒体の光軸の傾斜により形成されていることを特徴とする請求項3.3記載の偏光照明装置。

【請求項35】前記回折光学素子が一様に配列された液晶を含んで構成され、且つ光重合性モノマーまたは光架橋可能液晶ポリマーが添加され、紫外領域の光照射に対し、液晶の分子軸の方向が固定化されることを特徴とする請求項3.3記載の偏光照明装置。

【請求項36】前記回折光学素子は異なった複数の周期構造が重畳して形成された構造を含むことを特徴とする請求項2.2、2.3、2.6、2.9のいずれかに記載の偏光照明装置。

【請求項37】前記回折光学素子は複数の異なった周期構造の回折光学素子の積層構造を含むことを特徴とする請求項2.2、2.3、2.6、2.9のいずれかに記載の偏光照明装置。

【請求項38】請求項2.2、2.3、2.6、2.9のいずれかに記載の偏光照明装置に複数のレンズを配置して構成される第1レンズアレイと前記第1レンズアレイと対をなす第2レンズアレイと画像表示手段と前記画像表示手段上の光学像を拡大投射する投射光学系とを少なくとも組み合わせることを特徴とする投射型画像表示装置。

【請求項39】光源からの光束を概ねR（赤）、G（緑）、B（青）に対応する波長が異なる3つの光束に色分解し、前記波長が異なる光束に対して異なった形成波面を有する回折光学素子を用いて請求項2.2、2.3、2.6、2.9のいずれかに記載の偏光照明装置を構成し、これに複数のレンズを配置して構成される第1レンズアレイと前記第1レンズアレイと対をなす第2レンズアレイと画像表示手段と前記画像表示手段上の光学像を拡大投射する投射光学系とを少なくとも組み合わせることを特徴とする投射型画像表示装置。

【請求項40】光源と画素を形成すべくパターンニングされた透明導電性電極を具備した対向する2枚の透明絶縁

性基板で挟まれた液晶層を有する液晶素子と液晶素子の両側に配置された回折光学素子とを少なくとも含んで構成され、

光源からの出射光は一方の回折光学素子に入射し回折され、

前記回折光学素子への入射光量の概ね $1/2$ が液晶素子に入射し、

前記液晶素子の各画素毎に変調され、

前記変調度に応じて他方の回折光学素子を通過後の光の伝搬方向が異なる作用により画像表示を行うことを特徴とする画像表示装置。

【請求項41】画素を形成すべくパターンニングされた透明導電性電極を具備した対向する2枚の透明絶縁性基板で挟まれた液晶層を有する液晶素子と液晶素子の片側に配置されたミラー及び回折光学素子とを少なくとも含んで構成され、

外部光による前記回折光学素子への入射光が回折され、前記液晶素子を通過し、前記ミラーにより反射され再び液晶素子を通過することで液晶素子の各画素毎に変調され、

前記変調度に応じて前記回折光学素子を出射後の光の伝搬方向が異なる作用により画像表示を行うことを特徴とする画像表示装置。

【請求項42】光源と画素を形成すべくパターンニングされた透明導電性電極を具備した対向する2枚の透明絶縁性基板で挟まれた液晶層を有する液晶素子と液晶素子の片側に配置されたミラーと液晶素子の両側に配置された回折光学素子とを少なくとも含んで構成され、

光源からの出射光は一方の回折光学素子に入射し回折され、

前記回折光学素子への入射光量の概ね $1/2$ が液晶素子に入射し、前記液晶素子の各画素毎に変調され、

前記変調度に応じて他方の回折光学素子を通過後の光の伝搬方向が異なる作用により画像表示が行われ、また、外部光による前記回折光学素子への入射光が回折され、前記液晶素子を通過し、前記ミラーにより反射され再び液晶素子を通過することで液晶素子の各画素毎に変調され、

前記変調度に応じて前記回折光学素子を出射後の光の伝搬方向が異なる作用により画像表示が行われる構成において、

内部に配置された前記光源と外部光とを選択的に切り換えて画像表示を行うことを特徴とする画像表示装置。

【請求項43】前記回折光学素子は屈折率異方性を有する光学媒体を用いて周期構造が形成されており、入射光の1方向の偏波成分（P波もしくはS波）に対し前記周期構造に対応した屈折率分布を生じ、この屈折率差により光の回折を生じ且つ前記入射光に対し概ね直交する成分（S波もしくはP波）に対しては優先的に直進する機能を有していることを特徴とする請求項4.0～4.2のい

ずれかに記載の画像表示装置。

【請求項 4 4】前記回折光学素子の一方は入射光の偏波成分の P 波を回折し、S 波を優先的に直進する機能を有し、前記回折光学素子の他方は S 波を回折し、P 波を優先的に直進する機能を有することを特徴とする請求項 4 2、4 3 のいずれかに記載の画像表示装置。

【請求項 4 5】前記回折光学素子の周期構造が屈折率異方性を有する光学媒体の光軸の傾斜により形成されていることを特徴とする請求項 4 3 に記載の画像表示装置。

【請求項 4 6】前記回折光学素子が一様に配列された液晶を含んで構成され、且つ光重合性モノマーまたは光架橋可能液晶ポリマーが添加され、紫外領域の光照射に対し、液晶の分子軸の方向が固定化されることを特徴とする請求項 4 3 に記載の画像表示装置。

【請求項 4 7】前記液晶層に形成された各画素に印加する電界を制御することで、各画素への入射光の変調が行われることを特徴とする請求項 4 0～4 2 のいずれかに記載の画像表示装置。

【請求項 4 8】前記回折光学素子は異なった複数の周期構造が重畳して形成された構造を含むことを特徴とする請求項 4 0～4 2 のいずれかに記載の画像表示装置。

【請求項 4 9】前記回折光学素子は複数の異なった周期構造の回折光学素子の積層構造を含むことを特徴とする請求項 4 0～4 2 のいずれかに記載の画像表示装置。

【請求項 5 0】請求項 4 0～4 2 のいずれかに記載の画像表示装置において前記液晶素子の片側に赤（R）、緑（G）、青（B）からなるカラーフィルタを組み合わせて構成したことを特徴とする画像表示装置。

【請求項 5 1】請求項 4 0、4 2、4 9 のいずれかに記載の画像表示装置において、前記回折格子からの出射光を概ね 2 つの方向に分割し、一方を画像表示用に他方を照明光用として用いる構成としたことを特徴とする画像表示装置及び照明装置。

【請求項 5 2】光源と画素を形成すべくパターンニングされた透明導電性電極を具備した対向する 2 枚の透明絶縁性基板で挟まれた液晶層を有する液晶素子と液晶素子の一方の側に屈折率異方性を有する回折光学素子と入射する光波の偏光方向を概ね直角方向に回転させるための位相板とを有し、更に液晶素子の他方の側に配置された屈折率異方性を有する回折光学素子とを少なくとも含んで構成され、前記光源からの出射光は前記回折光学素子と位相板により概ね等しい偏波成分（P 波もしくは S 波）に変換され液晶素子に入射し、前記液晶素子の各画素毎に変調され、前記変調度に応じて他方の回折光学素子を通過後の光の伝搬方向が異なる作用により画像表示を行うことを特徴とする画像表示装置。

【請求項 5 3】請求項 4 0、4 1、4 2、5 0、5 1、5 2 のいずれかに記載の画像表示装置に前記画像表示装置からの光学像を拡大表示する拡大光学系を少なくとも組み合わせて小型画像表示装置を構成したことを特徴と

する小型画像表示装置。

【請求項 5 4】印加される電圧に応じて、入射した光の偏光方向を変調する液晶素子と、

上記液晶素子の両面側にそれぞれ配置され、所定の偏光成分を選択的に回折させる一方、上記所定の偏光成分と偏光方向が直交する偏光成分を透過させる第 1 および第 2 の 1 対の回折光学素子とを備えたことを特徴とする画像表示装置。

【請求項 5 5】請求項 5 4 の画像表示装置であって、上記第 1 の回折光学素子は、外方側から入射する光束のうち、透過した偏光成分または回折した偏光成分のうちの何れか一方を上記液晶素子に入射させる一方、上記第 2 の回折光学素子は、上記液晶素子から出射した光束における上記第 2 の回折光学素子を透過する偏光成分と上記回折光学素子によって回折される偏光成分とを、互いに異なる方向に出射させるように構成されていることを特徴とする画像表示装置。

【請求項 5 6】請求項 5 5 の画像表示装置であって、さらに、光源を備え、上記第 1 の回折光学素子は、上記光源からの光束における上記回折光学素子を透過した偏光成分を上記液晶素子に入射させるように構成されていることを特徴とする画像表示装置。

【請求項 5 7】請求項 5 5 の画像表示装置であって、さらに、上記第 1 の回折光学素子の法線方向に配置された光源を備え、

上記第 1 の回折光学素子は、上記光源からの光束における上記回折光学素子を透過した偏光成分を上記液晶素子に入射させるように構成されていることを特徴とする画像表示装置。

【請求項 5 8】請求項 5 5 の画像表示装置であって、さらに、上記第 1 の回折光学素子の法線方向から傾いた方向に配置された光源を備え、

上記第 1 の回折光学素子は、上記光源からの光束における上記第 1 の回折光学素子により回折された偏光成分を上記液晶素子に入射させるように構成されていることを特徴とする画像表示装置。

【請求項 5 9】請求項 5 5 の画像表示装置であって、さらに、

上記第 1 の回折光学素子の外方側に所定の間隔を空けて設けられた反射手段と、

上記第 1 の回折光学素子と上記反射手段との間隔を介して、上記回折光学素子の法線から傾いた方向から上記回折光学手段に光束を入射させる光源とを備え、

上記第 1 の回折光学素子は、上記光源から入射する光束における上記第 1 の回折光学素子により回折された偏光成分、および上記反射手段から入射する上記第 1 の回折光学素子を透過する偏光成分を上記液晶素子に入射させるように構成されていることを特徴とする画像表示装置。

【請求項 60】印加される電圧に応じて、入射した光の偏光方向を変調する液晶素子と、

上記液晶素子の一方面側に配置され、所定の偏光成分を選択的に回折させる一方、上記所定の偏光成分と偏光方向が直交する偏光成分を透過させる回折光学素子と、  
上記液晶素子の他方面側に配置された反射手段とを備えたことを特徴とする画像表示装置。

【請求項 61】請求項 54 ないし請求項 60 の画像表示装置であって、

前記回折光学素子は屈折率異方性を有する光学媒体を用いて周期構造が形成されており、入射光における P 波および S 波のうちの何れか一方の偏波成分に対し前記周期構造に対応した屈折率差を生じ、上記屈折率差により光の回折を生じ且つ前記入射光に対し概ね直交する成分に対しては優先的に直進する機能を有していることを特徴とする画像表示装置。

【請求項 62】請求項 55 ないし請求項 60 の画像表示装置であって、

前記回折光学素子の一方は入射光の偏波成分の P 波を回折し、S 波を優先的に直進する機能を有し、前記回折光学素子の他方は S 波を回折し、P 波を優先的に直進する機能を有することを特徴とする画像表示装置。

【請求項 63】請求項 61 の画像表示装置であって、前記回折光学素子の周期構造が屈折率異方性を有する光学媒体の光軸の傾斜により形成されていることを特徴とする画像表示装置。

【請求項 64】請求項 61 の画像表示装置であって、前記回折光学素子が一様に配列された液晶を含んで構成され、且つ光重合性モノマーまたは光架橋可能液晶ポリマーが添加され、紫外領域の光照射に対し、液晶の分子軸の方向が固定化されることを特徴とする画像表示装置。

【請求項 65】請求項 54 ないし請求項 60 の画像表示装置であって、前記回折光学素子は異なった複数の周期構造が重畳して形成された構造を含むことを特徴とする画像表示装置。

【請求項 66】請求項 54 ないし請求項 60 の画像表示装置であって、前記回折光学素子は複数の異なった周期構造の回折光学素子の積層構造を含むことを特徴とする画像表示装置。

【請求項 67】請求項 54 ないし請求項 60 の画像表示装置であって、

さらに、前記液晶素子の何れか一方側に赤、緑、および青の領域が形成されたカラーフィルタを備えたことを特徴とする画像表示装置。

【請求項 68】請求項 54 ないし請求項 60 の画像表示装置であって、さらに、表示画像を拡大表示する拡大光学手段を備えたことを特徴とする画像表示装置。

【請求項 69】光源と画素を形成すべくパターンニングさ

れた透明導電性電極を具備した対向する 2 枚の透明絶縁性基板で挟まれた液晶層を有する液晶素子と液晶素子の一方の側に屈折率異方性を有する回折光学素子と入射する光波の偏光方向を概ね直角方向に回転させるための位相板とを有し、更に液晶素子の他方の側に配置された屈折率異方性を有する回折光学素子とを少なくとも含んで構成され、前記光源からの出射光は前記回折光学素子と位相板により概ね等しい偏波成分（P 波もしくは S 波）に変換され液晶素子に入射し、前記液晶素子の各画素毎に変調され、前記変調に応じて他方の回折光学素子を通過後の光の伝搬方向が異なる作用により画像表示を行うことを特徴とする画像表示装置。

【請求項 70】偏光を放射するレーザ、前記レーザから出射するレーザ光を光記憶媒体上に収束するための光学レンズ、前記光記憶媒体によって反射されるレーザ光の偏光方向を出射時の光の偏光方向に対して概ね直角方向に回転させるための位相板、前記反射光の光路中に配置され所定波面を生成する回折光学素子、及び前記回折光学素子で回折される光を検出するための受光素子を少なくとも構成要素とする光情報処理装置に使用される回折光学素子であって、前記回折光学素子が屈折率異方性を有する光学媒体を用いて形成されており、且つ前記光記憶媒体によって反射され、前記回折光学素子を透過後のレーザ光の全光量に対し 1 次の方向に回折される光量の割合が概ね  $1/2$  以上となるように所定波面が形成されていることを特徴とする回折光学素子。

【請求項 71】厚さ方向に周期的構造を有し入射光の 1 方向の偏波成分に対し前記周期構造に対応した屈折率分布を生じ、この屈折率差により光の回折を生ぜしめ、且つ前記入射光の偏波成分に対し直交する成分に対しては優先的に直進させる機能を有することを特徴とする請求項 70 記載の回折光学素子。

【請求項 72】厚さ方向に周期的構造を有し、前記周期的構造が屈折率異方性を有する光学媒体の光軸の傾斜により形成されていることを特徴とする請求項 71 記載の回折光学素子。

【請求項 73】一様に配列された液晶を含んで構成され、且つ光重合性液晶モノマーまたは光架橋可能液晶ポリマーが添加され、紫外領域の光照射に対し、液晶の分子軸の方向が固定化されることを特徴とする請求項 71 記載の回折光学素子。

【請求項 74】前記回折光学素子に入射するレーザの放射光の偏光方向が屈折率異方性を有する光学媒体の光軸と概ね平行または垂直であることを特徴とする請求項 70 記載の回折光学素子。

【請求項 75】対向する 2 枚の透明導電性電極を具備した透明絶縁性基板で挟まれた領域に屈折率異方性を有する光学媒体が封入され、前記透明導電性電極上には高分子からなる配向処理が施された薄膜が形成された構造を有する回折光学素子の製造方法であって、紫外の波長域

の 2 分割された光を前記回折光学素子上において干渉させ、周期的な強度分布に対応する明部と暗部からなる干渉縞を生ぜしめ、干渉縞の明部に属する領域の光学媒体の光軸を初期配向された方向に固定化する第一の工程と、前記透明導電性電極間に電界を印加し、前記干渉縞の暗部に属する領域の光学媒体の光軸を初期配向された方向から移動させた状態で、前記回折光学素子の全面に均一な紫外領域の光照射を行うことで光軸方向を固定化する第二の工程を含むことを特徴とする回折光学素子の製造方法。

【請求項 76】前記回折光学素子に印加される電界は、正極と負極が交互に生じる交流電界からなることを特徴とする請求項 75 記載の回折光学素子の製造方法。

【請求項 77】対向する 2 枚の透明絶縁性基板で挟まれた領域に屈折率異方性を有する光学媒体が封入され、前記透明絶縁性基板には高分子からなる配向処理が施された薄膜が形成された構造を有する回折光学素子の製造方法であって、

紫外の波長域の 2 分割された光を前記回折光学素子上において干渉させ、周期的な強度分布に対応する明部と暗部からなる干渉縞を生ぜしめ、干渉縞の明部に属する領域の光学媒体の光軸を初期配向された方向に固定化する第一の工程と、前記透明絶縁性基板間に磁界を印加し、前記干渉縞の暗部に属する領域の光学媒体の光軸を初期配向された方向から移動させた状態で、前記回折光学素子の全面に均一な紫外領域の光照射を行うことで光軸方向を固定化する第二の工程を含むことを特徴とする回折光学素子の製造方法。

【請求項 78】対向する 2 枚の透明絶縁性基板で挟まれた領域に屈折率異方性を有する光学媒体が封入され、透明絶縁性基板には高分子からなる薄膜が形成された構造を有する回折光学素子の製造方法であって、

1 方向の偏波成分を有する紫外の波長域の 2 分割された光を前記回折光学素子上において干渉させ、周期的な強度分布に対応する明部と暗部からなる干渉縞を生ぜしめ、干渉縞の明部に属する領域の光学媒体の光軸を前記偏波成分の偏光方向に依存する一様な方向に配列し固定化する第一の工程と、前記回折光学素子の全面に前記偏波成分に対して概ね直交する方向に偏光方向を有する均一な紫外領域の光照射を行うことで、前記光学媒体の光軸方向を初期位置から移動し固定化する第二の工程を含むことを特徴とする回折光学素子の製造方法。

【請求項 79】前記屈折率異方性を有する光学媒体が一様に配列された液晶を含んで構成され、且つ光重合性液晶モノマーまたは光架橋可能液晶ポリマーが添加されていることを特徴とする請求項 75、77、78 のいずれかに記載の回折光学素子の製造方法。

【請求項 80】前記回折光学素子に照射される干渉縞は He-Cd レーザまたは Ar レーザからなる可干渉性の高い光源であって、300nm から 400nm の範囲の

波長領域であることを特徴とする請求項 75、77、78 のいずれかに記載の回折光学素子の製造方法。

【請求項 81】前記回折光学素子への光照射による周期構造の形成が前記回折光学素子表面の分割された領域毎に複数回行われることを特徴とする請求項 75、77、78 のいずれかに記載の回折光学素子の製造方法。

【請求項 82】前記回折光学素子への光照射を複数回行うことにより、回折光学素子内に異なった周期構造が重畳して形成されることを特徴とする請求項 75、77、78 のいずれかに記載の回折光学素子の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、明るく、高品位な画面を表示する画像表示装置、ならびに該画像表示装置等に用いられる回折光学素子およびホログラム素子に関するものである。

【0002】より詳しくは、入射光束を異なる偏光成分に分離する偏光分離素子及びそれを用いて構成され、

【0003】偏光方向が揃った均一な照明光を得る偏光照明装置、及びこの偏光照明装置から出射された偏光光を画像表示素子（ライトバルブ）により変調して映像を拡大表示する投写型の画像表示装置に関するものである。

【0004】また、画像表示用のモニター、携帯情報端末用の表示装置、車載用または個人ユース用のヘッドアップディスプレイ、及び道路交通標識または情報表示等に使用される反射型や透過型の画像表示装置に関するものである。

【0005】また、レーザ光を用いて光ディスクや光磁気ディスク等の光記憶媒体に記録される情報の記録や読み出し等を行うための光ヘッドや光ピックアップ等を含む光情報処理装置に使用される回折光学素子に関するものである。

【0006】

【従来の技術】まず、以下で示す従来技術の概要について説明する。

（ホログラム素子） 従来の光スイッチ等に用いられるホログラム素子について説明する。

（ホログラム素子の応用例） 上記のようなホログラム素子が直視タイプの液晶パネル等に用いられる例について説明する。

（画像表示装置） 従来の一般的な画像表示装置、特に光源ランプからの光を液晶パネル等の画像表示素子によって輝度変調し、スクリーン上に拡大投射する投射型画像表示装置について説明する。

（インテグレート） 主として、投射画像の中央部の明るさと周辺部の明るさを均一にするために設けられているインテグレートについて説明する。

（偏光変換素子） 投射効率を向上させて明るい画像を表示させるために設けられている偏光変換素子について



説明する。

(インテグレートおよび偏光変換素子の他の構成) 他の従来のインテグレートおよび偏光変換素子の構成について説明する。

(液晶素子の画像表示原理) 従来技術および課題の把握に資するため、液晶素子を用いた画像表示装置の画像表示原理について簡単に説明する。

(ホログラム素子を用いた光情報処理装置) 上記のようなホログラム素子が光情報処理装置に用いられる例について説明する。

以下、詳細に説明する。

(ホログラム素子) まず、従来のホログラム素子について説明する。

【0007】近年、可干渉な二光束を干渉せしめることで干渉縞を形成し、該干渉縞を重クロム酸ゼラチンやフोटポリマーなどに記録せしめ、記録した光束の波面を再生可能なホログラム素子の開発が盛んである。

【0008】ホログラム素子の応用分野としては、例えば参考文献、久保田敏弘著、「ホログラフィ入門」に記載されているように干渉計測、ホログラフィック光学素子、パターン認識などの光情報処理、ホログラフィックディスプレイなどがある。

【0009】ホログラム素子を画像表示の分野に応用する場合には、単に3次元画像を表示するだけではなく、種々の応用が考えられている。

【0010】以下では、(1)光スイッチ、(2)直視タイプの液晶パネルに用いられている例について説明する。

【0011】それではまず光スイッチについて説明する。例えば、従来例1の特開平5-173196号公報では、干渉縞を形成せしめる光束の波長により硬化する高分子材料と該光束の波長で非硬化な液晶の混合物に干渉縞を照明し、いわゆる光誘起相分離によって、硬化された高分子材料からなる領域と、非硬化な液晶からなる領域を形成し、該非硬化な液晶を印加電圧により制御することで、入射光束の回折/直進を制御する光スイッチが開示されている。

【0012】同様の例はこれまでも多数開示されており、例えばアブライド・フィジックス・レター、第64巻、第9号、1074~1076頁、1994年(以下、従来例2と略記する)では、回折効率を制御できるホログラム素子として開示されている。

【0013】この例にあつては、従来例1と同様に、特定の波長により硬化する高分子材料と、この特定の波長では硬化しない液晶材料との混合物に該波長の二光束干渉縞を照明し、干渉縞の光強度の強い部分に高分子材料を、干渉縞の光強度の弱い部分に該液晶材料が各々多く含まれる領域を形成することで作製される。

【0014】また、スイッチング可能ではないが、二光束干渉露光による光誘起相分離を用いて形成されるホロ

グラム素子として、特願平8-162647号(以下、従来例3と略記する)、特開平9-324259号公報(特願平8-142533号以下従来例4と略記する)をはじめとして多数の例が開示されている。

【0015】このような光誘起相分離現象を用いて作製されるホログラム素子は、二光束干渉露光だけではなく、例えば液晶討論会'97予稿集86頁~87頁(以下、従来例5と略記する)に開示されているように、紫外線硬化樹脂と液晶材料の混合物を適当な割合で混合した後、導電性透明電極を形成したガラス基板を用いて構成したセルに該混合物を注入後、グレーティングパターンのフォトマスクを介して紫外線を照射して作製される場合もある。

【0016】以上の各例は、光誘起相分離を用いて屈折率の異なる領域を形成しているが、この技術は、例えばシャープ技報、第63号、14頁~17頁、1995年12月(以下、従来例6と略記する)に開示されているように、液晶パネルの視野角を広くするためのマイクロセル構造を作製するためにも用いられている公知技術である。

【0017】この例にあつては、光硬化性樹脂と液晶の混合物に、格子状の光(波長は該光硬化性樹脂を硬化せしめる波長)を照明し、光誘起相分離現象により、各画素を囲むマイクロセル構造を形成している。それにより液晶領域内で液晶分子が、自己配向力により光硬化反応で安定化せしめた軸対称状に配向され、広い視野角と高いコントラストを実現している。

【0018】(ホログラム素子の応用例) それでは次に、直視タイプの液晶パネル71のバックライトユニットに応用している例について、図1を参照しながら説明する。直視タイプの液晶パネルは透過型、反射型に分けられるが、以下では、透過型を例に説明する。例えば、特開平9-178949号公報(以下、従来例7と略記する)に開示されているように、図1の画像表示装置は、光源である冷陰極管(以下、CCFTと略記する)73からの光を導光体72の端面から入射し、導光体72の裏面側に形成したホログラム素子75及び反射ミラー74によって透過型の液晶パネル71側へ出力せしめるもので、ホログラム素子75は反射型のホログラムである。

【0019】上記構成により、部品点数の削減、軽量化、コストの削減を図ると同時に、明るさの均一性及び効率が高く、かつ指向性を有するバックライトユニットとして用いることができる。この機能はホログラム素子75を微小ホログラムの集合体とすることで実現されている。すなわち、モザイク状の微小ホログラムは、互いに異なる入射波長、及び入射角に対して最大回折効率を示すように作製されている。

【0020】また、同様の構成において、例えば特開平9-127894号公報(以下、従来例8と略記する)

に開示されているように、該反射型のホログラムの面積密度を、光源から離れるに従って高くすることによって、より一層の明るさの均一性が実現される例が開示されている。

【0021】このほかにも、例えば、プロシーディングス・オブ・インターナショナル・ディスプレイ・ワークショップ'97、411ページ～414ページ（以下、従来例9と略記する）、または特開平9-138396号公報（以下、従来例10と略記する）に開示されているように、反射型液晶パネルの反射板として用いられ、入射光束を液晶基板に概ね垂直な方向に選択的に、かつ特定の立体角内に概ね反射（回折）せしめ、視野角は狭いものの明るい画像表示を行う応用が考えられている。このホログラム素子は、いわゆる反射型の体積ホログラムである。

【0022】尚、従来例7～従来例10では、材料としては一般的なフォトリソグラフィを用いており、常に上述の反射を行うホログラム素子である。

【0023】（画像表示装置）次に画像表示装置について説明する。

【0024】近年、従来の直視型テレビでは大型化が困難であることから、高輝度ランプからの照明光束を変調する画像表示素子の出力画像を拡大投射する投射型画像表示装置の開発が進められている（例えば、オープラスイー、1993年8月号、58頁～101頁）。

【0025】図6は従来の一般的な投射型画像表示装置の構成を示すものであり、画像表示素子として液晶パネルを用いた構成例を示す。ランプ2からの出力光3をリフレクター4で反射し、出力光束5を集光光学系（不図示）により集光、伝搬し、色分離のためのダイクロイックミラー12、13により赤色、緑色、青色の3原色に分離し、全反射ミラー14、コンデンサーレンズ15を介して液晶パネル16～18に入射せしめる。液晶パネル16～18により変調された出力光は、色合成のためのダイクロイックプリズム（不図示）もしくは、ダイクロイックミラー19、20及び全反射ミラー14により合成され、投射レンズ9によりスクリーン（不図示）上に拡大投射される。

【0026】液晶パネル16～18は、主に透過型、反射型に区別されるが、いずれも偏光板もしくは偏光ビームスプリッター（以下PBSと略記する）を介して入射される特定の直線偏光光を、液晶材料により変調することにより画像を表示する。

【0027】また液晶パネル16～18は一般的には各画素を駆動するためのスイッチング素子として薄膜トランジスタ（以下TFTと略記する）を各画素に配置したアクティブマトリックス方式が主流であり、TFTは多結晶ポリシリコンで形成されるのが一般的である。

【0028】ランプ2としては、発光効率が高く、発光体の体積が小さく高輝度で、演色性の高いランプが求め

られており、メタルハライドランプ、キセノンランプ、超高圧水銀ランプなどが用いられている。

【0029】リフレクタ4としては、反射後の光束5を有効に活用しやすいことから、放物面鏡、楕円面鏡、球面鏡等が用いられており、発光体がそれら反射鏡の焦点もしくは第一焦点もしくは中心に配置される場合が多い。現在の主流は放物面鏡を用い、その焦点近傍にランプの発光体を設置し、略平行な光束を得る方式である。

【0030】近年の投射型画像表示装置においては、全白信号を表示した際の、（1）投射画像の中央部の明るさと周辺部の明るさを均一にする、（2）投射される全光束（ルーメン）をランプの消費電力（ワット）で除した値として定義される投射効率（ルーメン／ワット）を向上する、ことが開発の主な課題であり、（1）についてはインテグレータの導入により、（2）についてはインテグレータと発光体の小さな高輝度ランプとを組み合わせることに加えて、さらに偏光変換素子を組み合わせることによる解決が試みられている。

【0031】（インテグレータ）それではまずインテグレータについて説明する。インテグレータとは、例えば特開平3-111806号公報、特開平5-346557号公報に開示されているように、微小レンズを2次元に配置して構成される蠅の目レンズを2種類組み合わせで構成される。インテグレータの具体的構成例を図7に示す。リフレクタ44及び第1の蠅の目レンズ49によって、ランプ42の発光体の像は、第1の蠅の目レンズ49の各レンズに対応する第2の蠅の目レンズ50の各レンズ上に結像される。第2の蠅の目レンズ50の各レンズは第1の蠅の目レンズ49の像を画像表示素子47上に結像するような構成となっている。

【0032】上記構成により、第2の蠅の目レンズ50の各レンズが画像表示素子47上に結像する像は、リフレクタ44から出力される輝度分布の大きな出力光を第1の蠅の目レンズ49の各レンズにより細かく分割し、それらを画像表示素子47上に重ね合わせた結果となる。このような原理により投射画像における画像中央部に対する周辺部の明るさを70%以上に高くすることが可能となっている。

【0033】また、インテグレータの導入により、投射効率も向上せしめることができる。一般にリフレクタ44により反射された光束45は略円形であるが、画像表示素子47は例えば4:3の長方形である。それゆえ画像表示素子47を円形に照明する場合には円に内接する長方形の面積比しか有効に活用されなかった。これを矩形変換効率と呼び、4:3の長方形を外形とする画像表示素子47を用いる場合には、矩形変換効率は、約61%であった。しかしながらインテグレータの第1の蠅の目レンズ49に用いるレンズの開口形状を特開平5-346557号公報の図2に開示されているように4:3として配置することにより、約80%に向上することが

可能となっている。

【0034】(偏光変換素子)次に、偏光変換素子について説明する。前述の液晶パネルのような偏光表示手段を用いた投射型画像表示装置においては、ランプの出力光の中で、特定方向の偏光成分しか有効に活用できないという欠点があり、投射効率が低く、明るい画像を得るためには出力の大きな光源を用いなければならない等の課題があった。偏光変換素子はこうした課題を解決することを目的として開発され、偏光板で吸収される偏光成分もしくはPBSで液晶パネルに入射されない偏光成分を、該偏光成分に対し概ね直交する偏波面を持つ偏光成分に有効に変換するものである。

【0035】偏光変換素子は例えば、特開平5-107505号公報、特開平6-20294号公報、特開平7-294906号公報、特開平8-234205号公報、特開平9-105936号公報等多数開示されているが、基本的には、偏光分離素子と、偏波面回転素子の組み合わせからなる。

【0036】図8に一般的な偏光変換素子58の構成図を示す。無偏光光(ランダムな偏光の光束)62を偏光分離素子60により互いに直交する偏光成分、すなわちP偏光光(偏光分離素子により反射されずに透過する紙面に平行な偏光方向を有する光束)63、S偏光光(偏光分離手段により反射され、紙面に垂直な偏光方向を有する光束)64に分離し、S偏光光64のみを反射手段60'(一般的に偏光分離手段60と同種の膜を用いる)により反射し、偏波面回転素子61によりP偏光光63'に変換する原理に基づいている。

【0037】近年では、レンズアレイ66との組み合わせで構成される場合が多く、前記五つの公開公報に記載の内容もレンズアレイ66との組み合わせにより使用することができるが、偏光分離素子の設置位置により若干構成が異なる。

【0038】一つの方式は、偏光変換素子58に入射する光束の幅をレンズアレイ66により略半分とし、偏光分離素子60にのみ光束を入射して偏光分離、偏波面回転を行う方式である(図8参照)。この場合、該レンズアレイ66をインテグレータを構成する蠅の目レンズとすることにより、前述のように投射画像の明るさの均一性を同時に確保する構成とすることが多い。すなわち、前記レンズアレイをインテグレータの第2の蠅の目レンズとした構成が考えられている。

【0039】一方、特開平6-202094号公報、特開平8-234205号公報に開示されているように、第1の蠅の目レンズのランプ側に偏光分離素子を設置し、偏光分離後の光束の出射角を偏光成分に応じて数度変えることにより、第2の蠅の目レンズ上で結像する位置を偏光成分毎に変え、一方の偏光成分のみ偏波面の回転を行う方式も考案されている。この方式の応用として、第1の蠅の目レンズと第2の蠅の目レンズの間に偏

光分離素子を設置する構成も考えられている。

【0040】従来の偏光変換素子では、偏光分離素子としては誘電体層を複数積層してなる誘電体多層膜を用いている場合がほとんどである。偏光分離素子として偏光選択性を有するホログラム素子は従来から知られているが、該ホログラム素子をインテグレータと組み合わせて偏光変換素子を構成し、投射型画像表示装置の照明光学系に適用した例は開示されていない。

【0041】特開平8-234143号公報、米国特許第5161039号に開示されている偏光選択性を有するホログラム素子では、液晶ポリマー、あるいは非線形な光吸収効果を有するポリシランポリマー材料を用いることにより偏光選択性を有するものであり、各々の偏光に対してはいわゆる体積ホログラムとしての機能を有する。

【0042】(インテグレータおよび偏光変換素子の他の構成)また、プロジェクターの使用において、室内をあまり暗くしなくても認識できる明るい投射画像への要求が高いため、液晶表示素子(液晶ライトバルブ)の光利用効率を向上させることが重要である。照明領域の均一性を高める光学系として、特開平3-11180号公報または特開平5-346557号公報等には2枚のレンズ板を用いたインテグレータ光学系が開示されている。

【0043】これは原理的には露光機に使用されているものと同じで、光源からの平行光束を複数の矩形レンズによって分割し、各矩形レンズの像を各矩形レンズに1対1で対応するリレーレンズで液晶表示素子に重畳結像させるものである。

【0044】また、特開平6-202094号公報にはインテグレータ照明法に偏光変換法を組み合わせた照明光学系が提案されている。この概略図を図4に示す。光源1101からの出射光は液晶を用いた偏光分離素子に入射し、P波1106とS波1107に分離される。これらの光はインテグレータを構成する第1レンズ群1103と第2レンズ群1104により、第2レンズ1104の後方に配置された位相板1105の異なった位置にそれぞれ結像される。位相板1105は第2レンズ群を形成する1つのレンズの概ね半分の面積に1/2波長板が周期的に形成されている。

【0045】このため、例えば、この1/2波長板の位置に結像したP波1106は偏光方向が90°回転してS波となって出射する。S波1107は1/2波長板が形成されていない領域に結像され、そのまま透過する。つまり、位相板1105を出射した後の光波は偏光方向が概ね等しくなる。

【0046】特開平7-294906号公報には、レンズ板とプリズムを組み合わせた偏光変換素子が報告されている。この概略を図5に示す。これは、アレイ状のレンズが形成されたレンズ板1201に入射した光波は光

束が絞られて、プリズム1202に入射する。ここでS波1204はそのまま通過し、P波1205はプリズムで反射されて隣のプリズムに入射し、再び反射され90°角度を変化する。

【0047】そして、光路中に置かれた1/2波長板を通過して偏光方向を90°回転してS波として出射する。以上のようにレンズ板1201とプリズム1202との組み合わせによってこれを出射した光波は偏光方向が揃った光束となる。

【0048】(液晶素子の画像表示原理) ここで、液晶素子の画像表示原理について図9を用いて説明する。例えば蛍光灯やメタルハライドランプのような光源901から出射される光は、紙面に平行な偏光方向を有するP波902と紙面に垂直な偏光方向を有するS波から構成されている。この光束は偏光子904に入射し、特定の偏波成分が吸収され残りの成分が透過する。偏光子904ではS波の成分が吸収され、P波が透過する構成となっている。偏光子904を透過した光は液晶素子905に入射することになる。

【0049】ここでは、液晶素子905として、入射面と出射面とで液晶分子の方向が90°ねじれて構成されているツイストネマティック液晶を例に説明する。この液晶素子905にはパターンニングされた透明電極が形成されており各画面素毎に電界の印加が可能である。液晶を完全にスイッチングできるだけの電界が印加されている画素(ON)は、液晶分子のねじれが解け、入射面に対して液晶分子が等方的に立った状態(ホメオトロピック)になっている。このため、この画素に入射したP波は変調を受けることなくその偏光状態を維持したまま液晶素子を通過する。

【0050】次に電界が印加されていない画素(OFF)では液晶分子は入射面から出射面までの厚さ方向において90°液晶分子の角度がねじれた状態となっている。このため、この画素に入射したP波成分は入射面から出射面までを通過する間に液晶のねじれに起因するツイストネマティック効果によりその偏波面を90°回転させる。従って、OFF画素を通過した後、先の光はS波となって出射することになる。

【0051】液晶素子を通過した後、通過位置に対応した画素の電界の有無により光の偏光方向が異なることになる。次に、これらの光は偏光子906に入射する。ここで偏光子906は先の偏光子904に対し、偏波成分を通過する軸方向が90°傾けて設定されている。つまり、偏光子904と906はクロスニコルに配置されている。このため、液晶素子を通過した光の内P波は偏光子906で吸収され、S波は偏光子906を通過することになる。

【0052】以上のように液晶素子の各画素を通過した光は、画素に印加される電界に応じて偏光方向が変調され、この結果として偏光子906を通過する光の強度が

異なることになる。観察者907には、この偏光子906を通過する光の通過量が異なることになるため、各画素に対応する明暗のパターンとしての画像が認識されることになる。

【0053】また、各画素に印加する電界量を制御することで液晶を通過する光の偏光方向を先のP波とS波の状態の中間状態に設定することができるため中間調の表示も可能となる。

【0054】(ホログラム素子を用いた光情報処理装置) 次に、光情報処理装置について説明する。

【0055】光ディスクや光磁気ディスク等の光記憶媒体に記憶される情報の記録や読み出しを行う光情報処理装置は、主に光源としての半導体レーザ、この半導体レーザから出射する光を光記憶媒体上に収束するためのレンズ、光記憶媒体上で反射されたレーザ光を受光素子に導くための回折光学素子としてのホログラム素子等から構成される。

【0056】一端、半導体レーザから放射された光はこのホログラム素子を透過し、結像レンズにより光記憶媒体としての光ディスクの表面に集光される。光ディスクの表面で記録情報に応じた強度で反射して広がる光は、再度レンズにより収束され一部は半導体レーザに戻り、一部は例えば2つの領域に分割されたホログラム素子により2方向に分割され、いくつかの領域に分割された受光素子に結像されて、ナイフエッジ法のような手法を用いて焦点ずれ、トラッキングずれ、及び情報信号の検出等が行われる。

【0057】以上のようにレーザからの出射光は往路と復路の2回、回折光学素子としてのホログラム素子を通過することになる。往路においてホログラム素子を通過後、光が強く回折されてしまうと光ディスクの表面に集光される光量が低下してしまい、ディスク上で十分な光強度が得られず信号情報の正確な検出に支障を来すことにもなりかねない。このため通常、ホログラム素子には往路と復路で回折効率が異なる機能が要求される。

【0058】光源である半導体レーザが偏光特性を有することもあって偏光方向による回折効率の選択性が用いられることが多い。具体的には、半導体レーザから放射された光の偏光方向に対しては回折作用を生じることなくそのまま透過し、その後ディスクとの光路中に1/4波長板のような位相板を配置し、ディスクにより反射され再度ホログラムを通過するときに偏光方向が初期に比べ90°回転するように設定する。この時、ホログラム素子は回折機能を生じ、これを通過した光は情報信号等の検出を行う受光素子へと導かれる。

【0059】このような偏光選択性を有するホログラムは、屈折率異方性を有する光学媒体を用いて作製される。例えば、ニオブ酸リチウムのような屈折率異方性を有する光学媒体の表面の所定の領域にフォトリソグラフィやホログラフィック露光等によりマスクを形成し、表

面の露出された領域に安息香酸等を用いてイオン交換を行う。すると、特定の偏光方向に対しては屈折率分布が生じず、一様な物体として取り扱うことができる。

【0060】しかしながら、先の偏光方向に対して直交する偏光方向の光に対してはマスクにより形成した領域に対応した屈折率分布を生じ、このパターンに対応した回折現象を生じることになる。このような特性を有するホログラム素子を用いて光情報処理装置は構成されている。

【0061】

【発明が解決しようとする課題】以上の従来例1～従来例6に開示された全てのホログラム素子は、常に屈折率異方性を有していない光学的に略等方的な光硬化型の高分子材料と、該光硬化型の高分子材料を硬化せしめる波長では硬化しない液晶材料（以下、非重合性液晶と略記する）との混合物によって形成され、それらが細かい領域を形成してなるものである。それゆえ、例えば従来例1にあっては、非重合性液晶のみの領域に電圧を印加して回折をさせぬようにしても、例えば斜めに入射した光束に対してはホログラムとして作用してしまうという欠点があった。この様子を図2および図3を用いて説明する。

【0062】従来のホログラム素子は、図2（a）に示したように光学的に略等方的な光硬化型高分子材料からなる領域1（屈折率を $n_1$ とする）と、非重合性液晶からなる領域2（液晶分子は図示したような屈折率異方性を有し、常光線、異常光線に対する屈折率を各々 $n_o$ 、 $n_e$ とする）により形成されている。

【0063】ここで $n_1$ と $n_o$ はほぼ等しい材料を選んでいる。電圧を透明導電性電極1（以下ITOと略記する）に印加し、領域2の液晶分子をスイッチングさせると、液晶分子はガラス基板2に対して略垂直に配列する。

【0064】この場合、垂直に入射した光束に対しては、P偏光光（紙面に平行な偏光成分）、S偏光光（紙面に垂直な偏光成分）に対して光学的に等方（領域1、2共に屈折率がほぼ $n_o$ ）となるため、光束は回折されず直進する。

【0065】領域2に電圧を印加しない場合には、図2（b）に示したように液晶分子がガラス基板2に略平行に配列し、領域2に屈折率異方性が生じる。

【0066】その結果、例えばP偏光光に対しては屈折率が $n_e$ 、 $n_1$ と交互に変化するホログラム素子として作用するのにに対して、S偏光光に対しては全ての領域がほぼ屈折率 $n_o$ の等方媒体として作用する。それゆえ入射光束の中でP偏光光は回折され、S偏光光は直進する。

【0067】しかしながら図3（a）に示したように斜めに入射する光束に対しては、電圧を印加して液晶分子を垂直に配列させ入射光束を直進せしめるモードであっ

ても、領域2には屈折率異方性が生じてしまう。すなわち、常光線（この場合S偏光光）に対しては屈折率 $n_o$ の等方媒体として作用するので直進させるが、異常光線（この場合P偏光光）に対しては領域2の屈折率が $n_e$ （ $\theta$ ）となり、ホログラムとして入射光を回折してしまうのである。それゆえ、例えば光スイッチとして用いようとすると、垂直入射以外では完全な制御ができないという欠点があった。

【0068】実際には、本来屈折率異方性を持たない光硬化型高分子材料を用いて領域1を形成しても、狭ギャップのガラス間に形成すると応力等により僅かではあるが屈折率異方性を発現する。しかしその差は小さいものであり本質的には上述の現象が現れる。

【0069】その僅かな屈折率異方性が問題になる場合もある。例えば、従来例6の場合にあっては、黒を表示する際に格子の部分が不連続な領域となり、高コントラストな画像を表示する際に特に目立ち、均一性を損なうという欠点があった。

【0070】以上詳細に述べた諸問題は、光学的に略等方的な光硬化型の高分子材料と、液晶材料の混合物を材料として、相分離を発現させた系においては常に発生する問題である。

【0071】一方、光硬化型の液晶として近年特に注目されている紫外線硬化型液晶と、数種類の非重合性液晶の混合物を用いて液晶高分子複合系の位相差フィルムを作製する例が報告されている（例えば'97液晶討論会予稿集168ページ～169ページ、1997年）。しかしながら上記例では、UV光を単純に全面にかつ均一に照射し、全面を一様に硬化せしめているのみであり、二光束干渉露光による光誘起相分離による干渉縞の形成、及び後述のように本発明の構成によって期待される斜めの入射光に対しても回折が生じない効果については何ら言及していない。

【0072】また、例えば特開平9-281330号公報、特開平9-288206号公報では、光硬化型液晶をストライプ状のITOを形成したセルに注入し、電圧を印加することで液晶分子の配向を部分的に異ならしめた状態で光硬化を行うことで回折素子を形成している。

【0073】しかしながら上記の例では、本質的に均質な液晶材料を用いて形成しており、非重合性液晶との混合物を用いることに関して何ら開示しておらず、異なる領域間の屈折率異方性は等しいが、スイッチング可能ではなく本質的に本発明とは異なるものである。

【0074】また、従来例7～従来例10で開示されている直視型の液晶パネルに応用している例では、ホログラム素子は常に前述の機能を実現するもので、必要に応じてホログラム素子の機能を変える例は一切開示されていない。

【0075】また、従来の画像表示装置において、誘電体多層膜を用いて偏光分離手段を形成する場合には薄膜

誘電体層を複数層積層するため、作製に時間がかかりコストが高いという欠点があった。

【0076】さらに複数のプリズムを張り合わせて形成され、接合面に誘電体多層膜を形成してなる特開平7-294906号公報、特開平9-105936号公報に開示された偏光分離素子においては、作製の困難さ、コストの高さ、接着剤の耐熱性等に問題があった。

【0077】特開平5-107505号公報、特開平8-234205号公報においては厚い平行平板もしくは直角プリズムを用いており、コンパクトな構成が困難であった。また、特開平6-20294号公報にあっては鋸歯状の形状の作製が困難であった。以上のように誘電体多層膜を用いた偏光分離素子はコストが高く、作製が困難であるという欠点があった。

【0078】また、特開平8-234143号公報、米国特許第5161039号に開示されている偏光選択性を有するホログラム素子を用いた偏光分離素子は、前述のように投射型画像表示装置における照明光学系として、インテグレートと組み合わせた偏光変換素子としての応用例は何ら開示されていない。仮に従来のホログラム素子を偏光分離素子として偏光変換素子に組み入れ、投射型画像表示装置に適用しようとしても以下の理由により高い効率を実現することが困難であった。

【0079】例えばインテグレートの第1の蠅の目レンズの前に偏光分離素子を設ける場合を考える。偏光分離素子に入射するのは、概ね略平行な光束である。これらの光束は当然ながら無偏光光である。この場合、偏光分離後偏光分離素子から出力され、互いに偏光方向が直交する二つの偏光光束の出射角の差は高々数度が好ましい。これは第1の蠅の目レンズの各微小レンズに対応する第2の蠅の目レンズの各微小レンズ上にランプの発光体の像を二つ結像せしめるからである。この角度差が大きすぎると第2の蠅の目レンズの各レンズの径を大きくせねばならなくなる。

【0080】すなわち、偏光分離素子としては、略平行光束を異なる偏光成分に分離後、各々を数度の角度差で出力せねばならない。このことはホログラム素子を作製する際の参照光と物体光の入射角度差を高々数度と小さくせねばならないことを意味する。しかしながら、一般に体積ホログラムの効率を使用に耐えうるまで十分高くするためには、参照光と物体光の入射角度の差は少なくとも20度以上は必要とされ、それ以下の角度差では体積ホログラムとしての効率が低くなる。それゆえ従来のホログラム素子を偏光分離素子として用いて、第1のタイプの偏光変換素子は構成できなかった。

【0081】また、回折素子としては、例えば特開平5-173196号公報に開示されているように、通常のネマティック液晶を用いた例、あるいはジャパニーズ、ジャーナル、オブ、アプライド、フィジックス、第36巻、1997年、589-590頁に開示されているよ

うにUV硬化型液晶を用いた例、あるいはケミカル、マテリアル1993年、第5巻、1533-1538項に開示されているようにポリマー分散液晶を用いた例も知られているが、上記公開公報に記載のものは単に偏光分離機能を有することを開示しているのみであり、偏光変換素子としての応用については何ら開示していない。

【0082】以上のように、従来の誘電体多層膜により形成された偏光分離素子を用いて、インテグレートと組み合わせた偏光変換素子を構成し、投射型画像表示装置に適用した場合には、(1)コストが高い、(2)作製が困難、(3)コンパクトな構成が困難等の問題点があった。

【0083】またホログラム素子には一般に、(1)入射角と出力角の差を大きくせねば効率が低いということから、(2)インテグレートと組み合わせ、投射型画像表示装置の偏光分離素子として使用することが困難であった。

【0084】さらに、従来の回折素子にあっては、

- 1) 単に偏光分離機能を有することを開示されているにすぎず、
- 2) インテグレートとの組み合わせについて何ら開示されておらず、投射型画像表示装置に適用できないものである。

【0085】また、液晶を用いた偏光分離素子では、ノコギリ状の溝を有するプリズム基板とガラス基板との間隙に液晶を挟んだ構成である。液晶は屈折率異方性を示すため、常光、異常光といった偏光方向により屈折率差が異なる。

【0086】先の偏光分離素子に入射した光波はノコギリ状の形状に対応した位相分布を生じ、位相型の回折格子として機能することになる。更に、偏光方向により液晶層を通過するときの屈折率差が異なる。このため、入射した光波の偏光方向によって、位相分布が異なるために常光と異常光、つまりP波とS波により回折される方向が異なって出射することになる。

【0087】第2レンズアレイ状でP波とS波を分離するため、分離可能な程度の回折角が必要となる。このため、偏光分離素子のノコギリ状のピッチを数十 $\mu\text{m}$ 程度に小さくする必要がある。このとき、ノコギリ状の傾きを均一に厳密に設計する必要がある。これは、ノコギリ形状の傾きが回折素子のブレイズ角に相当するため、この形状及び均一性が回折波の効率に影響する。つまり、ノコギリ状の溝が設計よりはずれてしまうと回折波が分散してしまい偏光分離素子による分離度が低下してしまうという課題が生じる。

【0088】ノコギリ状の溝の間隙の幅を大きくすれば、ノコギリ形状のピッチを大きくでき加工が容易になる。この場合、分離角を元の場合と同程度維持使用とすれば、液晶のセルギャップを厚くする必要がある。しかしながら、厚いセルギャップに液晶を均一に配向させる



ことは難しく白濁等の現象が生じ、偏光分離素子の透過度を減少させ光利用効率が低下するという問題が新たに生じる。

【0089】プリズムを用いた偏光分離素子では、一端レンズ板により光束を絞り1列置きにプリズムアレイに入射する。そして、プリズムは偏光ビームスプリッタの機能を有するため、例えばS波を透過しP波は直角に反射され、更に隣のプリズムで直角に反射され光の伝搬方向が先のS波と等しくなる。この後光路中に置かれた1/2波長板によって90°偏光方向が回転されP波となって出射する。

【0090】以上のような作用が各プリズム毎に行われるため、レンズ板に入射した光波は光束の幅を大きく変えることなく、偏光方向が揃った光束を得ることができる。プリズムは誘電体多層膜と屈折率マッチングをとるための液体または固体で回りを満たしたキューブ形状で構成される。偏光分離度を高めるためには誘電体多層膜を何重にも成膜する必要があり、製造コストは高価になる。また、分離膜は光の伝搬方向を90°曲げるため45°に配置している。このため、1つのプリズムを構成する分離膜の大きさによって厚さ方向の分離素子の大きさが固定され、素子を薄く小型にできないという課題が生じる。

【0091】本発明は、前記従来技術の課題を解決し、偏光選択的に優れた回折効率の高い回折光学素子を偏光分離素子として利用した光利用効率の高い偏光照明装置を提供すること及びこの偏光照明装置と投射光学系を組み合わせ明るい投射映像を形成することができる投射型画像表示装置を実現することを目的とする。

【0092】また、近年、カーナビゲーション用のモニターや個人でビデオや画像情報の視聴の目的のための持ち運び可能なディスプレイの用途が増加しているが、これらは、ヘッドアップディスプレイや、モバイルツールと呼ばれる携帯電話を始めとする携帯情報端末用の低消費電力タイプのディスプレイとして位置づけられている。このようなディスプレイに対して要求される共通の条件としては小型、軽量、薄型、低消費電力が上げられる。また、ヘッドアップディスプレイにおいては、表示画面と外界との切り換えを行う必要性もあり、画面が透明、つまり、シースルー画面であることが望ましい。

【0093】現在、以上のような要求に適しているディスプレイとしては液晶素子を用いたものが考えられる。液晶ディスプレイは従来のCRTのようなディスプレイに比べ、奥行き面積が少なく薄型化を実現することができる。また、画素サイズの小型化、大容量化やTFT素子の導入等により高精細化も進み、画質的にもますます向上してきている。

【0094】しかしながら、通常、液晶素子を用いたディスプレイの画像表示原理は液晶素子に印加する電界の大きさにより入射する光の偏光方向を変調する。そし

て、液晶素子の前後にクロスニコルに配置した偏光子を組み合わせることで、入射光の偏光状態による偏光子の透過度の差を利用して明暗等の画像情報を表示するものである。

【0095】このような方式では、偏光子は吸収タイプであるため光の透過度はあまり高くない。更に、偏光子をクロスニコルに組み合わせ構成しているため、この偏光子の組み合わせのみの状態では光の透過度はほとんどなく黒の状態である。従って、画像表示と併せて、前記液晶パネルを通して外界の情報を得ることは困難であり、シースルータイプのヘッドアップディスプレイとしての利用はできないという問題がある。

【0096】また、偏光子は光の吸収により特定の偏波成分のみを透過させる構成であるため、偏光子により吸収された光は内部で熱に変換される。入射する光量が増加すると、偏光子内部での発熱の影響が無視できなくなり、偏光子の光変調作用の機能の低下や素子の劣化といった問題が生じてくる。

【0097】液晶ディスプレイはCRTのような自発光タイプのデバイスではないため、画像表示用に専用の光源を必要とする。液晶ディスプレイの消費電力の内、この光源用に使用される電力の割合が全体の半分程度を占め低消費電力化に対する壁となっている。このため、専用の照明用の光源を用いることなく画像を表示する方式が検討されている。このための方式として、自然光や室内の照明光のような外部光を光源として利用して液晶素子と反射板を組み合わせた反射型の画像表示装置がある。この構成によれば専用の光源を必要としないため、低消費電力化が可能となる。

【0098】上記の方式では照明光として用いる外部光の状態により画像の表示状態が変化することになる。例えば、夜間室内の照明光が暗い場合や照明光が使用できないような場所での画像情報の視聴は困難となる。このため、内部の光源としてのバックライトと外部光とを使用する場所や環境条件等に合わせ切り換えを行い、低消費電力化と画像情報の視聴の利便性とを兼ね備えたような構成が望ましい。

【0099】しかしながら、外部光を利用するためには液晶素子の全面に1枚の偏光子を置いた反射型の構成をとるのが適しており、内部の光源を利用するためには液晶素子の前後にクロスニコルに偏光子を配置した透過型の構成にするのが適している。この両方式を同時に満足させるためには、偏光子を2枚用いた構成をとることが考えられるが、吸収型の偏光子を用いた場合は透過度が低く、外部光による反射型での画像表示においては画面の輝度が著しく低下し画質が劣化する。従って、内部光源と外部光との併用での使用は困難であるという課題がある。

【0100】本発明は、前記従来技術の課題を解決し、偏光選択的に優れた回折効率の高い回折光学素子を液晶素



子と組み合わせて画像表示装置を構成し、シースルー型の表示が可能であり、また内部光源であるバックライトと外部光との併用ができる低消費電力型の画像表示装置を提供することを目的とする。更に、回折光学素子を屈折率分布に変調を持たせた透過型として用いることで、光の利用効率を高め、画像表示と同時に照明光用の照明装置としての多目的な応用を目指すものである。

【0101】一方、イオン交換等により作製された偏光選択性を有するホログラム素子を用いて光記憶媒体からの信号検出を行う場合、ホログラム素子の回折効率により信号検出は大きく影響される。具体的には、光ディスク等により反射され、位相板により偏光方向が初期と直交するように変化されてホログラム素子への入射する。

【0102】この時に、ホログラム素子の回折効率が低いと受光素子へ到達する光の強度が弱くノイズが増加し、正確な信号検出が困難となる。更に、回折されず透過した成分は光源である半導体レーザに照射されるため、半導体レーザへの戻り光量の増加によるレーザ発振の不安定性が起こり、光源自体でのノイズの発生等の課題が新たに生じてくる。

【0103】この課題を解決するためには、ホログラム素子の偏光選択性及び回折効率を向上させることが必要である。現在偏光選択性を有するホログラム素子として利用できる形態としては2次元の回折光学素子のタイプのものがある。これは、矩形の格子形状に対応するような屈折率分布を持たせ、入射する光の波長に対して隣合う格子毎に0と $\pi$ の位相差を生じさせる。これを通過する光は、この矩形格子の間隔に対応する特定方向に強められる結果として回折を生じる。

【0104】このような矩形格子からなるホログラム素子では、2次元のバイナリからなる形状のため回折波は左右対称に生じる。このため、回折強度が最も大きい1次の方向に集光される理想的な回折効率でさえ、40%程度に制限されるという課題がある。また、格子形状が設計値からずれた場合、0次光強度を始め1次光強度以外の高次に回折される強度割合が増加する。従って、必要とされる1次光強度が低下するばかりでなく高次に回折された光が半導体レーザへの戻り光として作用し、前述したようなレーザ発振に対しノイズを生じさせる原因となるという問題も生じてくる。

【0105】本発明は、前記従来技術の課題を解決し、偏光選択性に優れ回折効率の高い光情報処理装置に使用される回折光学素子及びこの素子の信頼性の高い製造方法を提供することを目的とする。

【0106】

【課題を解決するための手段】本発明は、材料の組成の異なる複数の領域を有し、前記複数の領域は、少なくとも特定の波長により硬化しかつ屈折率異方性を有する光硬化型液晶からなる第1の領域と、該波長によって非硬化な液晶（以下、非重合性液晶と略記する）からなる第

2の領域から形成され、前記光硬化型液晶の硬化後の常光線に対する屈折率及び異常光線に対する屈折率が前記非重合性液晶の常光線に対する屈折率及び異常光線に対する屈折率と各々略等しいことを特徴とする。

【0107】本発明は、少なくとも、入射光束に対して偏光異方性を有し、概ね第1の偏光成分のみ選択的に回折せしめる平板状の第1及び第2のホログラム素子からなり、前記第1のホログラム素子に入射する入射光束と光軸のなす角 $\theta_0$ と、前記入射光束が前記第1のホログラム素子により回折された第1の出力光束が光軸となす角度 $\theta_1$ と、前記第1の出力光束が前記第2のホログラム素子に入射後回折されて出力される第2の光束が光軸となす角度 $\theta_2$ が下式の

$$|\theta_1 - \theta_2| > 20$$

$$|\theta_0 - \theta_2| < 15$$

を満足することを特徴とする。

【0108】互いにほぼ平行に配置され、それぞれ互いにほぼ等しい所定の偏光成分を選択的に回折させる平板状の第1および第2のホログラム素子を備え、上記第1のホログラム素子に入射し、上記第1および上記第2のホログラム素子により回折されて上記第2のホログラム素子から出射する回折光束と、上記第1のホログラム素子に入射し、上記第1および上記第2のホログラム素子を透過して上記第2のホログラム素子から出射する透過光束とのなす角度が $0^\circ$ を越え、かつ、 $15^\circ$ 未満であるとともに、上記第1のホログラム素子に入射し、上記第1および第2のホログラム素子により回折される光束における、それぞれのホログラム素子に入射する光束とそれぞれのホログラム素子により回折された光束とのなす角度が、それぞれ $20^\circ$ を越えることを特徴とする。

【0109】

【発明の実施の形態】（実施の形態1）入射する光の偏光方向に応じて回折効果が異なる偏光選択性の回折光学素子であるホログラム素子の例について説明する。

【0110】このホログラム素子は、図10に示すように、それぞれ導電性透明電極（以下「ITO」という。）501が形成された2枚のガラス基板502の間に、例えば紫外線硬化型液晶（以下「UVキュアラブル液晶」という。）分子503aを含む領域503と、例えば非重合性液晶分子504aを含む領域504とが形成されて構成されている。上記UVキュアラブル液晶は、特定の波長を有する光束により硬化した、屈折率異方性を有する光硬化型液晶である。一方、非重合性液晶は、上記UVキュアラブル液晶を硬化させる波長の光束に対して硬化しない液晶材料である。

【0111】ここで、「光学的異方性」に関する表現について説明する。一般的な液晶材料や、一軸性の光学結晶に見られるように、屈折率異方性を有する光学材料においては、常光線に対する屈折率と異常光線に対する屈折率を定義することができる。常光線とは、光線の入射

角に屈折率が依存しない偏光光であり、異常光線とは入射角により屈折率が異なる偏光光のことである。異常光線に対する、その入射角に応じた屈折率は、図3(b)に示すいわゆる屈折率楕円体(参考文献:例えば工藤、上原著、「基礎光学」、現代工学社刊、202ページ)により求めることができる。そこで、「各領域の入射光束に対する光学的異方性」を、特に注記しない場合には簡潔に「各領域の光学的異方性」と略記し、その意味は、「各領域における入射光束に対する常光、および異常光に対する屈折率の異方性」であるとする。また、「領域503と領域504の光学的異方性が略等しい」とは「入射する常光線に対する屈折率および異常光線に対する屈折率が、それぞれ、双方の領域で互いに略等しい」ことを意味するものとする。同様に、「領域503と領域504の光学的異方性が異なる」とは、「入射する常光線に対する屈折率は双方の領域で略等しいが、異常光線に対する屈折率は双方の領域で異なる」ことを意味するものとする。また、「光学的異方性」と「屈折率異方性」とは同じ意味で用いる。

【0112】上記ホログラム素子は、ITO501間に電圧が印加されていない状態では、図10(a)に示すように、領域503および領域504共に液晶分子503a、504aが略同一の方向(ガラス基板502に略平行な方向)に配向し、領域503(硬化後)と領域504の光学的異方性が互いにほぼ等しいようになっている。すなわち、領域503と領域504とで常光線に対する屈折率がほぼ等しく(その値を $n_o$ とする)、また、異常光線に対する屈折率もほぼ等しい(その値を $n_e$ とする)。一方、ITO501間に所定の電圧が印加されると、図10(b)に示すように、領域504の液晶分子504aだけが電気力線の方向に配向(スイッチング)し、領域503と領域504とで光学的異方性が異なるようになっている。

【0113】上記のように構成されたホログラム素子は、P偏光光(異常光線)に対しては、ITO50間への電圧の印加によりホログラム素子として機能し、入射光束を領域503と領域504のピッチ、および膜厚に応じた方向に回折させる。すなわち、P偏光光だけが選択的に回折し、S偏光光(常光線)は直進する(図10(b))。このようにP偏光光だけの選択的な回折は、光束が斜め方向からホログラム素子に入射した場合でも同様である。一方電圧が印加されない状態ではP、S偏光光共に直進する(図10(a))。また、このホログラム素子では、電圧が印加されていないときには、斜め方向から入射した場合であっても、P、S偏光光共に確実に直進させることができる。すなわち、図11に示すように、斜め方向から光束が入射した場合、常光線に対する屈折率が領域503、504共に $n_o$ で等しいだけでなく、異常光線に対する屈折率も、領域503、504共に $n_e(\theta)$ で等しくなるので、常光線のみならず

異常光線も回折せずに直進させることができる。

【0114】このように、上記ホログラム素子によれば、斜め方向から入射した光束に対しても、確実に、常光線、異常光線ともに直進させたり、異常光線のみを選択的に回折させたりすることができる。

【0115】次に、上記のようなホログラム素子の作製方法について説明する。このホログラム素子は、例えば2光束の干渉縞を照射することにより、いわゆる光誘起相分離によって形成することができる。

【0116】(1)まず、ITO501を形成した2枚のガラス基板502に配向膜(不図示)を塗布し、配向処理を行う。

【0117】(2)例えば所定の直径のビーズ(不図示)を分散させることでセルギャップを確保し、2枚のガラス基板502を貼り合わせる(ビーズ分散に代えて、酸化シリコンやフォトリソマーなどから成る所定の高さの柱を形成しても良い)。

【0118】(3)例えば非重合性液晶とUVキュアラブル液晶を例えば1:1の重量比で混合した液晶材料を注入し封止する。

【0119】(4)2光束干渉露光により、所望のピッチの干渉縞を照射して、光が強く照射された部分のUVキュアラブル液晶を硬化させ、光誘起相分離現象によって、混合液晶中の大部分のUVキュアラブル液晶分子が硬化部に集まり、良好な領域分離が行われる。

【0120】ここで、上記(4)のプロセスにおいて、ITO501間に電圧を印加した状態にして、液晶分子を例えばガラス基板501に略垂直に配向させた状態で2光束干渉露光を行えば、図12に示すように、電圧印加時には、各光学的異方性がほぼ等しくなって入射光束におけるP偏光光、S偏光光共に直進する一方、電圧無印加時には、各領域の光学的異方性が異なるようになり、P偏光光だけが回折し、S偏光光が直進する逆モードのホログラム素子を作製することができる。

【0121】なお、素子の駆動方法としては、一般に交流電圧を印加することが好ましいが、非重合性液晶として、例えば強誘電性液晶を用いる場合には、そのメモリー性を活かしてパルス状の電圧を印加するなどしても良い。

【0122】ここで、本発明のホログラム素子と従来のホログラム素子との違いについて述べる。上記動作原理は例えば、従来例1と基本的には同様であるが、従来例1においては領域1に単に光硬化型高分子材料を用いているにすぎず、屈折率異方性に関してはなんら開示していない。それに対して本発明のホログラム素子は、光硬化型液晶が屈折率異方性を有し、かつその硬化後の $n_e$ 、 $n_o$ が領域504の非重合性液晶と同一であることが特徴であり、それゆえ入射角特性を改善することができる。例えば、垂直に入射する光束について考える(図2(a))参照)。

【0123】従来例1では、光硬化型高分子材料からなる領域1は、屈折率異方性を有していないため常に屈折率は液晶の $n_o$ と略等しい値 $n_l$ である。従来例1では液晶分子を制御して図2(a)に示したような構成とすることで、入射光束は回折せずに直進できる。

【0124】しかしながら、図3(a)に示したように、斜めに入射した光束については、常光線（この場合はS偏光光）は直進できるが、異常光線（この場合はP偏光光）は、領域1が屈折率 $n_l$ のままなのに対して、領域2の屈折率は $n_e$ （ $\theta$ ）となるため回折してしまふのである。図3(b)に示したように、異常光線に対する屈折率は、屈折率楕円体により求めることができる。

【0125】上記現象は、例えば、従来例2～従来例6等の開示されているように、硬化する高分子材料が本質的に屈折率異方性を有していない従来の素子すべてに共通する課題であった。

【0126】尚、従来例6はホログラム素子ではないが、光硬化型高分子材料と非重合性液晶との屈折率に関しては何ら記載されておらず、この場合は高分子材料が狭ギャップのセル内に形成された場合に生ずる僅かな屈折率異方性が問題となる。

【0127】（実施の形態2-1）ホログラム素子を用いて構成された偏光分離素子の例を説明する。この偏光分離素子は、入射した光束を例えばS、P偏光光に分離し、両者をわずかに異なる出射角で出射させるもので、例えば偏光方向のそろった光束を得るための偏光変換素子などに用いられる。

【0128】この偏光分離素子510は、図13に示すように、第1のホログラム素子511と第2のホログラム素子512とが貼り合わされて構成されている。第1のホログラム素子511の法線方向（図中Z軸方向）に略平行な光束 $\alpha$ が入射すると、例えばS偏光成分（同図に示すX軸に平行な偏波面を有する偏光成分）は回折されて、例えば45°の出射角（基板法線すなわちZ軸を基準とし、Z軸と入射光線の進行方向とのなす角）で出射し、第2のホログラム素子512に45°の入射角で入射するようになっている。一方、P偏光成分（Y軸に平行な偏波面を有する偏光成分）は、そのまま第1のホログラム素子511を透過するようになっている。

【0129】上記45°の入射角で第2のホログラム素子512に入射したS偏光光は、その第2のホログラム素子512により回折されて、例えば7°の出射角で出射される一方、P偏光光は、第1のホログラム素子511と同様にZ軸に平行に透過するようになっている。すなわち、この偏光分離素子510では、P偏光光とS偏光光を7°の進行方向の差で分離して出力することが可能となる。

【0130】上記各ホログラム素子511、512としては、例えば前記実施の形態1のホログラム素子を用い

ることができ、この場合には、各ホログラム素子のITOに所定の電圧を印加することにより、上記のような動作をさせることができる。また、電圧を印加することなく、それぞれ上記のような回折をさせるホログラム素子を用いてもよい。そのようなホログラム素子は、例えば以下のようにして作製できる。

【0131】（1）1対のガラス基板513、514上に導電性透明電極（例えばITO：不図示）を成膜する。

【0132】（2）各導電性透明電極上に配向膜（不図示）を塗布しラビング処理を行う。

【0133】（3）導電性透明電極上に所望の径の球状のビーズ（不図示）を分散させる。

【0134】（4）ガラス基板513の周辺部にシール材（不図示）を塗布する。

【0135】（5）ガラス基板513、514を貼り合わせ、加熱処理によりシール材を硬化させる。

【0136】（6）注入口（不図示）からホログラム材料として例えばUV硬化型液晶515を注入する。

【0137】（7）UVレーザー光を用いた2光束干渉光学系によりUV硬化型液晶515を露光し、後述する所定の干渉縞を形成する。

【0138】（8）導電性透明電極間に所定の電圧を印加しながら再度UV光を照射する。

【0139】なお、このようなセルの作製方法は光学の分野において公知の技術であり、また、2光束干渉光学系によるホログラムの作製自体も、コヒーレントなレーザー光を2分割し、所定の角度で照射することにより所定の方向およびピッチの干渉縞を形成する公知技術である。

【0140】次に、上記作製方法により偏光選択性を有するホログラム素子が形成される原理について説明する。UV硬化型液晶はUV光、例えば360ナノメートル付近の波長の光を照射することにより硬化する液晶である。この液晶の分子515aは、上記（2）のラビング処理によって、（6）の注入後（7）のUV露光前の状態では、図14に模式的に示すように、概ねラビングした方向に配向している。

【0141】この状態で、後述のように2光束干渉光学系によって形成された干渉縞をUV硬化型液晶515に照射すると、UV硬化型液晶515は干渉縞の光強度に応じて硬化する。具体的には、例えば図15に模式的に示すように、同図のY軸方向に光強度分布を有する干渉縞を形成すると、強度の強い部分の液晶分子515bのみが硬化する。

【0142】その後、導電性透明電極間に電圧を印加すると、図16に示すように、干渉縞の光強度の弱かった部分の液晶分子515aだけが電気力線の方向に配向（スイッチング）する。この状態で再度UV光を全面に照射すると、電圧の印加を停止しても、図16に示した

ように液晶分子の配列状態が保たれたホログラム素子となる。すなわち干渉縞の微小なピッチで液晶のスイッチングしている領域とスイッチングしていない領域が形成される。そこで、液晶分子は光学的には一軸性の屈折率異方性を有しているため、図16の例ではX軸方向に振動する偏光成分に対しては位相型回折素子として作用するのに対して、Y軸方向に振動する偏光成分に対しては等方的な素子として回折せずに出力するという偏光異方性を有する回折素子として機能する。

【0143】本実施の形態2-1においては、具体的には以下のパラメータにより各ホログラム素子511、512を作製した。

【0144】

第1のホログラム素子の干渉縞の傾角：22.5°

第1のホログラム素子の干渉縞のピッチ：0.757  $\mu$ m

第1のホログラム素子の厚さ：9  $\mu$ m

第2のホログラム素子の干渉縞の傾角：19°

第2のホログラム素子の干渉縞のピッチ：0.651  $\mu$ m

第2のホログラム素子の厚さ：9  $\mu$ m

液晶の平均の屈折率：1.593

屈折率変化：0.083 上記のようにして作製された偏光分離素子510のS偏光光に対する回折効率を図17に示す。横軸は第1のホログラム素子511への入射角度である。図のように±2°の範囲で90%以上の高い偏光分離特性を実現することができた。

【0145】なお、液晶材料として、磁場で配向可能なUV硬化型液晶を用いた場合には、ガラス基板513、514の表面に導電性透明電極を形成する必要が無く、また上記(8)のプロセスにおいて電界を作用させる代わりに磁界を作用させればよい。

【0146】このほかにもホログラム材料として特定の波長領域に対して感度を有するフォトリソ材料と液晶ポリマーとの混合物を用いて、光誘起相分離によりホログラム素子を作製してもよい。

【0147】また、本実施の形態2-1においては、ガラス基板513、514の法線として定義される光軸と入射光束が概ね一致していたが、必ずしも一致している必要はない。

【0148】上記のような偏光分離素子に用いるホログラム素子としては、例えば図18に示すようなものを用いることもできる。このホログラム素子521は、例えば液晶などの屈折率異方性を有する光学媒体522を用いて形成されており、厚さが10  $\mu$ m程度と厚いため、屈折率分布が厚さ方向にも周期的に分布している。このため、偏光方向により回折作用が異なり、また回折作用としては1方向に高い回折効率を示す特性を有する。

【0149】以下、このホログラム素子521について詳述する。

【0150】この素子内部は光の入射する表面から、厚さ方向に対して傾斜した層が周期的に形成された層構造を有している。互いに隣合う層では、一方は屈折率異方性を有する光学媒体522の光軸の傾きがホログラム素子521の表面に平行となるように配列しており、他方は表面に対して垂直方向に配列している。

【0151】上記屈折率異方性を有する光学媒体522に光が入射すると、その光の偏光方向が光学媒体522の光軸と平行な場合は異常光線となるため、屈折率としては $N_e$ の値を示す。また、偏光方向が光学媒体522の光軸と垂直である場合は常光線となり、 $N_o$ の屈折率を示すことになる。ここで、 $N_e > N_o$ である。

【0152】次に、図18に示すホログラム素子521において、紙面に対して垂直方向に偏光方向を有する光を常光線とし、紙面と平行方向に偏光方向を有する光を異常光線として、これらの光がホログラム素子521に入射したときの振る舞いについて説明する。

【0153】まず、常光線が入射した場合、その偏光方向は、各層を構成する何れの光学媒体522の光軸に対しても垂直となる。このため、各層間での光軸の向きに関係なく、各層での屈折率は $N_o$ となる。つまり、屈折率が $N_o$ の様な媒体が存在するのと等しいため、これに入射する常光線は回折の作用を受けず、同図に示すように、そのまま透過することになる。

【0154】一方、異常光線が入射した場合には、屈折率異方性を有する光学媒体522の光軸が入射面と平行に配列している層においては、入射光の偏光方向が光軸と平行となる。このため、 $N_e$ の屈折率を有する層を通過する場合に相当する。また、ホログラム素子521の入射面に対し光学媒体522の光軸が垂直方向である層に対しては、偏光方向が光軸と垂直の場合に相当するので、この層は $N_o$ の屈折率を有するものと作用する。そこで、異常光線に対しては、ホログラム素子521は、その入射光の進行方向である厚さ方向において、屈折率が周期的に異なる複数の層を通過することになる。この結果、入射光線はこの層の傾斜角度と周期のピッチに対応する特定の方向に光が集光される、いわゆるブラッグの回折作用を受けることになる。それゆえ、同図に示すように、異常光線はホログラム素子521を通過後、素子の内部に形成された層構造に対応して光路を変化することになる。

【0155】すなわち、上記のように厚さ方向に周期構造を有するように構成することで、ブラッグの回折条件が適用されることになる。これは、ある波長を有する光が周期構造を形成する各層に入射した場合、各層で散乱された光はその波長と入射角度および層間のピッチに対応する特定方向に散乱成分が強め合う現象を生じる。これが、ブラッグの回折条件と呼ばれるものであり、このような条件は従来の2次元的な回折光学素子に対し、3次元的な構成となり、ブレース化(1つの方向に光を収

束する)の作用を有することになる。

【0156】したがって、従来の回折光学素子に比べて、回折効率を飛躍的に向上させることができ、理論的には100%の効率が可能である。実際上も、中途での損失等を考慮に入れても90%以上の効率が期待できる。これに対し、バイナリからなる2次元の回折光学素子では、回折波は0次を含み左右対称に高次まで回折されることになるため、1次の方向への回折効率は最高でも40%程度となり、素子を通過する全光量に対する割合としては低い値となる。

	屈折率差 $\Delta n(\text{Ne-No})$	平均屈折率 $\text{Ne-No}/2$	格子ピッチ ( $\mu\text{m}$ )	回折格子厚さ ( $\mu\text{m}$ )	入射波長 ( $\mu\text{m}$ )	ブラッグ角 ( $^\circ$ )
$\eta 1$	0.083	1.593	1.323	10	0.55	12
$\eta 2$	0.145	1.591	1.323	10	0.55	12

【0158】図19において、(a)はブラッグ角から入射角度がずれた場合の回折効率の変化、すなわち回折効率の入射角度依存性であり、(b)は入射波長が設計値からずれた場合の変化、すなわち回折効率の入射波長依存性を示したものである。

【0159】図19(a)の角度依存性についてはホログラム素子521に入射する光束が平行光からずれた場合(入射角が所定の角度からずれた場合)の効率に相当し、また図19(b)の入射波長依存性については白色光源による照明時の効率等の検討に対応するものである。同図に示すように、各種パラメータを適当に設定することで理論的な回折効率が1、つまり100%近くの高い回折効率を得ることが期待できる。また、同図によれば、波長に関しては $\pm 100\text{nm}$ 付近まで特性がフラットであり、白色光に対しても高い効率が期待できる。

【0160】なお、図18では、ホログラム素子521を構成する光学媒体522の光軸が、隣り合う層間で $90^\circ$ 傾斜して屈折率差が最も大きい場合を示したが、この角度を任意に設定することで屈折率差をNeからNoの中間値に設定することも可能である。また、これを利用した屈折率分布を選択することにより回折効率を調整することも可能である。

【0161】また、ホログラム素子521の領域をいくつかに分割し、それぞれ回折する方向をずらすような構成も可能である。

【0162】さらに、白色光を構成するR:赤( $0.65\mu\text{m}$ )、G:緑( $0.55\mu\text{m}$ )、B:青( $0.45\mu\text{m}$ )程度の各中心波長のそれぞれに応じて異なった周期構造、角度等を有する層を形成し、これらを積層してホログラム素子521を構成したり、または、これらの構造を重畳してホログラム素子521内に記録することにより、波長分散または角度依存性の影響を緩和するような構成も可能である。

【0163】次に、ホログラム素子521の作製方法に

【0157】図19にホログラム素子521の理論的な回折効率の計算結果を「ベル システム テクノロジ ジェイ」(H. Kogelnik, (Bell Syst. Tech. J., 48, 1969, pp. 2909-2947))の解析に基づいて示す。回折効率は全入射光量に対する1次の方向に回折された光量の割合である。回折光学素子の各種パラメータをまとめて表1に示す。

【表1】

について説明する。

【0164】まず、1対のそれぞれのガラス基板上に透明導電性電極として、例えばITOを形成する。

【0165】次に、これらの基板を洗浄して、付着しているダストを除去した後、高分子からなる配向膜、例えばポリイミドをスピコート法等により塗布し、加熱処理を行うなどして配向膜を基板上に形成する。

【0166】この後、上記配向膜に、ローラ等により特定方向のラビング処理を施してから、一方の基板の周辺にシールの印刷を行い、他方の基板に直径 $5\mu\text{m} \sim 20\mu\text{m}$ 程度のビーズを分散させる。この2枚の基板をラビング方向が互いに対になるように貼り合わせて、空のセルを構成する。

【0167】上記空セルに、屈折率異方性を有する光学媒体522として、例えば正の誘電異方性を有する液晶を注入する。なお、負の誘電異方性を有する液晶を使用することも可能である。上記液晶は、より詳しくは、例えば光重合性液晶モノマーまたは光架橋可能液晶ポリマー等が含まれたもので、 $360\text{nm}$ 前後の紫外領域の波長の光照射により液晶が硬化し液晶分子の方向が固定化される特性を有したものをを用いる。上記注入は室温で大気雰囲気の中で行うこともできるが、 $40^\circ\text{C} \sim 60^\circ\text{C}$ 程度の高温、また、真空中で注入するなどしてもよい。

【0168】液晶を注入後のセルに対し注入口および脱気口付近を封止剤により封止すると、液晶サンプルが完成する。

【0169】上記のようにして作製した液晶サンプルに対して、干渉縞の露光を行う。

【0170】まず、露光時間を調節するためのシャッタを閉じて光照射が無い状態で、光学系の作製位置(露光装置の所定の位置)に上記液晶サンプルを配置し、シャッタを所定の時間、例えば1分間程度開放した後閉じることにより、第1の露光工程としての干渉縞による露光を行う。

【0171】上記干渉縞を形成するための光源としては、例えば、照射強度が50mW～100mW程度のAr（アルゴン）レーザから出力される、波長が360nm前後のレーザ光を用いることができる。このレーザ光をビームエキスパンダ等によって例えば直径30mm～50mm程度のビームに広げた後、ビームスプリッタ等により2方向に分割し、ミラー等を組み合わせて設定した光路を介して干渉縞を形成し、液晶サンプルに照射する。この干渉縞は、上記ミラー等を調整することにより、液晶サンプルが配置された位置で例えば1μmピッチ程度になるようにする。

【0172】上記露光により、液晶サンプルにはレーザの2光束の干渉により形成された干渉縞における光強度が高い明部に属する領域の液晶が硬化し、液晶分子が配向膜によって初期に配向された方向に分子軸が固定化される。すなわち、例えば前記のように正の誘電異方性を有する液晶を用いる場合、初期には液晶分子は一樣にガラス基板に平行な方向に配向しており、干渉縞の明部の領域では、この状態が保存されることになる。一方、干渉縞の暗部の領域では光強度が明部に比べ低いため、この第1の露光工程では液晶分子はほとんど硬化しない。

【0173】次に、第2の露光工程として、まず、液晶サンプルの2枚のガラス基板の内側に形成された透明導電性電極としてのITO電極間に5（V/μm）程度の交流電界を印加する。この電界印加により前記干渉縞の暗部だった領域の未硬化の液晶分子はガラス基板に対して垂直に立つ方向に傾斜する。この時の傾斜の角度は、印加する電界に比例するため電界の大きさを調整することで所望の傾斜角度、つまり屈折率差を与えることができる。

【0174】上記のように電圧を印加した状態で、例えばビームスプリッタにより分割されたレーザ光のうちの一方を遮ることにより、干渉縞が形成されない様な強度分布の光を液晶サンプルの全面に例えば5分間程度照射し、前記未硬化の暗部だった領域全体を完全に硬化させる。

【0175】以上のような第1の露光工程と第2の露光工程を行うことで、図18で示したような構造を有するホログラム素子521が作製される。

【0176】また、ここではITOのような透明電極を形成したガラス基板を用いてセルを作製し、第2の露光行程で電界を印加することにより液晶分子の方向を初期位置から変化させた場合について説明した。他の方法として透明電極を用いず、磁界の印加により液晶分子の方向を変化させて第2の露光工程を行い、ホログラム素子521を作製することも可能である。

【0177】さらに、照射するArレーザの偏光方向を第1の露光工程と第2の露光工程において例えば90°異なるように設定し露光する方法も考えられる。配向膜等の高分子膜に対し光源として直線偏光を照射した場

合、ランダムに配向している高分子の中からその主鎖（あるいは側鎖）を偏光方向に向けている分子が主に光を吸収し光反応を起こし、その膜に光学異方性が発現する。高分子材料等において、その高分子の光反応過程（光異性化、光重合、光分解）が照射される光の偏光方向とその高分子のなす角度によって制御できる。

【0178】したがって、ここで干渉縞を構成する紫外領域の光の偏光方向を制御することにより、液晶の初期の配向状態の設定および第1と第2の露光工程での液晶分子の移動等を行うことも可能である。

【0179】上記のようにして作製した素子の回折効率を、He-Neレーザを用い、入射する偏光方向を変化させて測定したところ、常光線に対する透過率は98%前後であり、高い透過率を有していた。また、異常光線に対する1次の方向への回折効率も90%程度であり良好な結果が得られた。したがって、ここで作製した回折光学素子は高い偏光分離特性および回折効率を有していることが確認された。

【0180】なお、屈折率異方性を有する光学媒体としては、液晶の他に、ニオブ酸リチウムや、 $KD_2PO_4$ 、 $\beta-BaB_2O_4$ 、PLZTなどの電気光学効果等を有する一軸性の結晶を用いることも可能であり、また、 $KTiPO_4$ などの2軸性の光学結晶等も含めて種々の屈折率異方性を有する媒体を用いることにより、同様の効果を得ることも可能である。

【0181】（実施の形態2-2）ホログラム素子を用いて構成された偏光分離素子の他の例を説明する。

【0182】この偏光分離素子530は、図20に示すように、全反射ミラー531の表面に、前記実施の形態1または実施の形態2-1で示したのと同様のホログラム素子532が設けられている。ここで、実施の形態1のホログラム素子が用いられる場合には、ITO間に所定の電圧が印加された状態で用いられる。

【0183】上記全反射ミラー531およびホログラム素子532は、光源のランプ533からの光を反射するリフレクタ534の光軸に対して、法線が45°の角度をなすように配置されている。

【0184】上記のホログラム素子532は、同図の紙面に垂直な方向に偏光方向を有する光（S偏光光とする）が常光線となり、紙面に平行な方向に偏光方向を有する光（P偏光光とする）が異常光線となるように配置されている。また、このホログラム素子532は、45°の入射角で入射した異常光線を45°よりもわずかに大きい出射角になるように回折させて出射させるように設定されている。

【0185】このように構成されていることにより、ホログラム素子532に対して常光線であるS偏光光は、前記各実施の形態1-1等で説明したように、素子の周期構造からなる屈折率分布の影響を受けず、等方的な均一な屈折率の媒体を通過する時と同様の特性を示す。そ



れゆえ、S偏光光はホログラム素子532をそのまま透過して全反射ミラー531で反射され、再びホログラム素子532を透過して出射する。すなわち、S偏光光は全反射ミラー531によって進行方向が90°曲げられて出射する。

【0186】一方、ホログラム素子532に対して異常光線であるP偏光光は、ホログラム素子532内に形成された周期構造の屈折率分布により変調されて回折し、上記のように45°よりもわずかに大きい出射角で出射する。

【0187】したがって、ランプ533からリフレクタ534を介して出射された光を、この偏光分離素子530によって、S偏光光とP偏光光とで進行方向がわずかに異なる出射光に分離することができる。

【0188】（実施の形態3-1）前記実施の形態2-2の偏光分離素子を用いて構成された偏光変換素子の例を説明する。この偏光変換素子は、光源からの偏光方向がランダムな光を所定の方向の偏光光に揃えて出力するもので、例えば偏光型の液晶表示素子などの偏光照明装置等に用いられる。

【0189】図21は偏光変換素子540を含む偏光照明装置の構成を示す説明図である。

【0190】ランプ533としては、蛍光ランプや、キセノンランプ、メタルハライドランプ、水銀ランプ、LED、FED、レーザ光、無機または有機EL素子等が用いられる。ランプ533からの光は、リフレクタ534により略平行光となって出射する。この略平行光は偏光分離素子530に入射し、実施の形態2-2で説明したようにS偏光光とP偏光光とで進行方向がわずかに異なるように分離されて、偏光分離素子530から出射する。

【0191】偏光分離素子530から出射したS偏光光およびP偏光光は、それぞれ、インテグレータ541を構成する第1レンズ群（第1の蠅の目レンズ）542の各レンズ542aに入射し、それぞれの入射角に応じて、各レンズ542aと対をなす第2レンズ群（第2の蠅の目レンズ）543の各レンズ543aにおける互いに異なる所定の領域に集光される。

【0192】上記S偏光光およびP偏光光が集光される所定の領域は、例えば各レンズ543aを概ね2分する領域に設定されるとともに、P偏光光が集光される領域における各レンズ543aの裏面側（光の進行方向側）には、1/2波長板である位相差板544が周期的に設けられている。そこで、第2レンズ群543に入射したS偏光光は、そのままS偏光光として出射する一方、P偏光光は、位相差板544を介して偏光方向が90°回転され、S偏光光に変換されて出射する。すなわち、何れの偏光光もS偏光光に揃えられて出射する。

【0193】このS偏光光は、集光レンズ545およびフィールドレンズ546を介して概ね平行な光束として

画像表示素子（ライトバルブ）547に入射し、画像表示に用いられる。

【0194】上記のようなホログラム素子532と位相差板544とを用いた場合と用いない場合とで、画像表示素子547に入射する光量を比較したところ、ホログラム素子532と位相差板544により偏光変換を行った場合は光利用効率が1.2~1.6倍程度向上し、上記ホログラム素子532を用いた偏光変換素子540の機能が優れていることが確かめられた。

【0195】（実施の形態3-2）前記実施の形態3-1で説明した偏光分離素子が、インテグレータを構成する第1レンズ群と第2レンズ群との間の光路中に設けられて偏光方向を揃える偏光変換素子の例を説明する。なお、本実施の形態3-2等において、前記実施の形態3-1等と同様の機能を有する構成要素については、適宜同一の符号を付して詳細な説明を省略する。

【0196】図22は偏光変換素子548を含む偏光照明装置の構成を示す説明図である。

【0197】リフレクタ534からの略平行光は、インテグレータ541を構成する第1レンズ群542を介して偏光分離素子530に入射するようになっている。偏光分離素子530に入射した光束は、実施の形態2-2で説明したようにS偏光光とP偏光光とで進行方向がわずかに異なるように分離されて、偏光分離素子530から出射する。

【0198】偏光分離素子530から出射したS偏光光およびP偏光光は、それぞれ、インテグレータ541を構成する第2レンズ群（第2の蠅の目レンズ）543の各レンズ543aにおける、裏面側に位相差板544が設けられている領域または設けられていない領域に集光される。そこで、前記実施の形態3-1と同様に、S偏光光はそのままS偏光光として出射する一方、P偏光光は、位相差板544を介して偏光方向が90°回転され、S偏光光に変換されて出射する。すなわち、何れの偏光光もS偏光光に揃えられて出射する。

【0199】このように構成された偏光変換素子548によっても、実施の形態3-1と同様に光利用効率を向上させることができる。

【0200】（実施の形態3-3）前記実施の形態1または実施の形態2-1で示したのと同様のホログラム素子が用いられた、他の偏光変換素子の例を説明する。

【0201】図23は偏光変換素子550を含む偏光照明装置の構成を示す説明図である。この偏光照明装置の偏光変換素子550は、前記実施の形態1または実施の形態2-1で示したのと同様のホログラム素子551と全反射ミラー531との間に、1/4波長板である位相差板551が設けられて構成されている。

【0202】ランプ533からのP偏光光とS偏光光とを含む光波はホログラム素子551に入射し、P偏光光は、実施の形態1等で説明したように回折光学素子の屈



折率分布等に応じて回折され、同図の一点鎖線で示した方向に進路を曲げられて出射する。

【0203】一方、S偏光光は、ホログラム素子551をそのまま透過し、位相差板552を介して全反射ミラー531で反射され、再び位相差板552を通過する過程で偏光方向が入射時に対して $90^\circ$ 変化し、ホログラム素子551にP偏光光として入射することになる。このときの入射方向は全反射ミラー531とリフレクタ534との配置により定まるが、これがホログラム素子551の内部に形成された周期構造に対するブラッグの回折条件からずれた条件となるようにして、ホログラム素子551が入射した光を反射せずに透過させるようになっている。すなわち、前記図19(a)で回折効率の角度依存性について説明したように、ホログラム素子への入射角が所定の角度からある程度ずれると効率がほとんど0となり、回折作用は生じず透過するだけとなる場合があり、上記所定の角度は回折光学素子の形成条件により設定することが可能である。そこで、全反射ミラー531によって反射され、位相差板552によってP偏光光に変換された光束が、回折されずにホログラム素子551をそのまま透過するようにすることができる。

【0204】上記のように、ランプ533からの光波はホログラム素子551によってP偏光光が回折され、ホログラム素子551を透過したS偏光光は全反射ミラー531と位相差板552によりP偏光光に変換された後ホログラム素子551を透過して出射することにより、偏光方向が揃った略平行光束を得ることができる。

【0205】上記偏光照明装置について、実施の形態3-1と同様にして光利用効率を求めたところ、ホログラム素子551と位相差板552とを用いない場合に比べ1.2~1.5倍程度の光利用効率を得ることができた。

【0206】また、上記のような構成によれば、ホログラム素子と位相差板552と全反射ミラー531との簡易な積層構造だけで偏光変換を行わせることができるので、インテグレート等の光学系との組み合わせなども容易であり、幅広い光学系装置に使用可能である。特に、例えば2つのダイクロイックプリズムを備えて色分離および色合成を行うカラー画像表示装置などのようにあらかじめ折り返しミラーを備えている装置に適用する場合には、そのミラーに代えてホログラム素子を備えたミラーを用いるだけでよいので、部品点数の増加などを招くことなく光利用効率を向上させることができる。

【0207】（実施の形態3-4）前記実施の形態1または実施の形態2-1で示したのと同様のホログラム素子が用いられた、さらに他の偏光変換素子の例を説明する。

【0208】前記実施の形態1または実施の形態2-1で示したのと同様の2枚のホログラム素子561、562を用いて、図24に示すような偏光変換素子560を

含む偏光照明装置を構成した。

【0209】ランプ533からのP偏光光とS偏光光とを含む光束はリフレクタ534を介してホログラム素子561に入射し、S偏光光は、そのまま略平行光として透過する。また、P偏光光は、ホログラム素子562により、実施の形態1等で述べた原理により、伝搬方向が概ね $90^\circ$ 変化するように回折される。

【0210】この光波はさらにホログラム素子562に入射し、ここで同様に回折され伝搬方向が、初期のリフレクタ534から反射された光束の方向と概ね等しくなるように出射する。この後、 $1/2$ 波長板である位相差板563を透過し、偏光方向が $90^\circ$ 回転されてS偏光光波として出射する。すなわち、ランプ533から発せられてホログラム素子561で回折された光波は、回折光学素子562と位相差板563とによって、ホログラム素子561を透過した光波と偏光方向が揃った略平行光束として出射する。

【0211】上記のような偏光照明装置のホログラム素子562での光波の再利用率を測定したところ、ホログラム素子562からの光束としては、ホログラム素子561からの光束に対し強度割合が概ね90%程度のS偏光光に変換された光束が得られた。

【0212】上記のようにホログラム素子561、562を用いることの利点は、偏光分離を行う場合の分離角を任意に設定することが可能ということである。すなわち、通常のように、偏光ビームスプリッタと全反射ミラーとを組み合わせる偏光分離を行わせようとした場合、伝搬方向を $90^\circ$ 曲げるためには反射面を入射光に対して $45^\circ$ 傾ける必要がある（図24における $\theta$ に相当）。したがって、奥行き方向にはその反射面の大きさと傾きに相当する分の大きさが必要とされ、その偏光照明装置を用いる装置において厚さ方向での制約条件が大きくなる。

【0213】一方、上記のようにホログラム素子を用いた場合は、内部に形成される屈折率分布により偏光分離角を任意に設定することが可能であるため、回折光学素子を入射光に対して垂直な平面に対し、 $45^\circ$ 以下に傾けて配置することが可能となり、図24における $\theta$ を $45^\circ$ 以下の小さな角度で設定することができるとともに、ホログラム素子を互いに平行に対に並べることで偏光変換光学系を構成することができるため、奥行き方向の大きさを大幅に減少させることができる。このため、薄型での構成が可能となり、偏光変換された偏光光が入射されるインテグレートなどの照明光学系との組み合わせにおいて、コンパクトなシステム（照明装置や画像表示装置など）を実現することができる。

【0214】（実施の形態3-5）前記実施の形態1または実施の形態2-1で示したのと同様のホログラム素子が用いられ、第1レンズ群と第2レンズ群とを有するインテグレートから出力される光の偏光方向を揃える偏

光変換素子の例を説明する。

【0215】前記実施の形態1または実施の形態2-1で示したのと同様のホログラム素子572、573を対にして、図25に示すように複数組配置し、偏光変換素子570を含む偏光照明装置を構成した。なお、同図では、画像表示素子577や投射レンズ578等を組み合わせて投射型画像表示装置を構成した例を示す。

【0216】インテグレートにおける図示しない第1レンズ群から伝達されたP偏光光とS偏光光を含んだ光波は、第2レンズ群571に入射し光束を絞られて、第2レンズ群571の各レンズ571aに対応するホログラム素子572に入射する。ここでS偏光光はそのまま透過し、P偏光光は回折され隣のホログラム素子572に入射する。そして、ここでさらに回折されて、先のS偏光光と概ね等しい方向に伝搬し、 $1/2$ 波長板である位相差板574によって偏光方向が $90^\circ$ 回転され、S偏光光に変換されて出射する。

【0217】これらの過程が複数に配置された各ホログラム素子572、573と位相差板574の組ごとに行われ、第2レンズ群571を通過した光波は、偏光方向が揃えられて出射される。また、インテグレートと組み合わせることで光束を絞って用いるため、光源からの光束の幅も大きく変化することなく偏光変換を行うことが可能となる。

【0218】上記のようにして偏光方向が揃えられた光束は、集光レンズ575とフィールドレンズ576とにより平行光束として偏光型の液晶表示素子等の画像表示素子577に入射し、各画素毎に輝度変調された後、投射レンズ578によってスクリーン579上に拡大投射される。

【0219】上記のような偏光変換素子570によって偏光変換を行った場合と行わない場合について、スクリーン上での輝度を比較したところ、偏光変換を行った場合は30%程度輝度が増大しており、明るい画像を得ることができた。

【0220】（実施の形態3-6）前記実施の形態1または実施の形態2-1で示したのと同様のホログラム素子が用いられた、さらに他の偏光変換素子の例を説明する。

【0221】図26に示すように、前記実施の形態3-4と同様の1対の偏光変換素子560をリフレクタ534の光軸に対して対象になるように設けて、偏光変換素子590を構成するようにしてもよい。このように構成することにより、リフレクタ534が偏光照明装置の例えば幅方向中央に配置されるため、両側に均等な空間が形成されるので、この偏光照明装置が適用される装置における他の構成要素等の配置が容易になる。

【0222】（実施の形態4-1）前記実施の形態2-1（図13）の偏光分離素子510を用いて構成された投射型画像表示装置を構成した例を説明する。上記偏光

分離素子510を構成するホログラム素子としては、実施の形態1や実施の形態2-1（図10、18等）で示したものなどを適用することができる。ここで、実施の形態1のホログラム素子が用いられる場合には、ITO間に所定の電圧が印加された状態で用いられる。

【0223】投射型画像表示装置600は、図27に示すように、ランプ533、リフレクタ534、偏光分離素子510、およびインテグレートから構成される偏光照明装置601を備え、ランプ533からの出力光束をリフレクタ533で反射し、反射後の出力光束 $\beta$ を偏光分離素子510、インテグレート541を介して、例えば透過型液晶パネル等の画像表示素子547に入射させ、輝度変調された光束を、投射レンズ602によりスクリーン（不図示）上に拡大投射することで画像を表示するようになっている。

【0224】次に、この投射型画像表示装置600に用いる偏光分離素子510およびインテグレートについて説明する。本発明で用いる偏光分離素子510は、実施の形態2-1で説明したように、第1のホログラム素子511、および第2のホログラム素子512からなり、P偏光光を直進させて（出力角 $0^\circ$ で）透過させる一方、S偏光光を略 $-7^\circ$ の出力角で出力するものである。

【0225】また、第1レンズ群（第1の蠅の目レンズ）542を構成する各第1微小レンズは、それぞれ第2レンズ群（第2の蠅の目レンズ）543を構成する各第2レンズにランプの像を結像させる。その際、P偏光光 $\gamma$ と、S偏光光 $\delta$ とを異なる位置に結像する。例えばS偏光光 $\delta$ が結像する部分には、偏波面回転手段としての $1/2$ 波長板（ $\lambda/2$ 板）である位相差板544が設けられ、この位相差板544を透過したS偏光光 $\delta$ は略P偏光光に変換されて出力される。なお、P偏光光 $\gamma$ と、S偏光光 $\delta$ とのうちの何れの偏光成分に対して偏波面を回転させるかは、画像表示素子547が備える偏光板の偏光方向によって決定される。

【0226】上記第2レンズ群543は、第1レンズ群542を構成する各微小レンズの像を画像表示素子547における表示画像領域のほぼ全面にわたって結像させることにより、表示画像の明るさの均一性が確保される。

【0227】上記のような偏光照明装置601を構成することにより、ランプ533から出力される無偏光光を効率よくP偏光光に変換することができ、高い投射効率を実現することが可能となる。また、上記のような偏光分離素子510は、作製が容易であり安価に構成することができる。また、偏光分離素子510は光軸方向の寸法が小さいので、コンパクトで、かつ高い分離効率を有する偏光分離素子を容易に構成することができる。また、上記のような偏光分離素子を用いることにより、高い光利用効率の投射型画像表示装置を容易に実現するこ

とができる。

【0228】なお、ランプ533およびリフレクタ534の配置を異ならせれば、実施の形態3-1~3-3(図21~23)に示したような偏光分離素子530等を用いることもできる。

【0229】また、上記ランプ533としては、メタルハライドランプや、ハロゲンランプ、キセノンランプ、超高圧水銀ランプ等を使用することができるが、発光領域の大きさが小さいものを用いることが好ましい。

【0230】(実施の形態4-2)透過型の3つの画像表示素子と、色分解系および色合成系の光学要素を備え、カラー画像を表示し得るいわゆる3板方式の投射型の画像表示装置の例を説明する。

【0231】この画像表示装置は、図28(a)に示す色分解系要素610の下方に、図28(b)に示す色合成系要素620が設けられて構成されている。

【0232】上記色分解系要素610は、前記実施の形態4-1で示したのと同様の偏光変換素子を含む偏光照明装置601と、ダイクロイックプリズム611と、全反射ミラー612~614とを備えて構成され、偏光照明装置601から出力された光をR(赤)、G(緑)、B(青)の各波長の光に分解するようになっている。一方、色合成系要素620は、全反射ミラー621~623と、画像表示素子624~626と、ダイクロイックプリズム627と、投射レンズ628とを備えて構成され、色分解系要素610から導かれた各波長の光が画像表示素子624~626を通過した後、色合成が行われ、投射レンズ628によってスクリーン629に画像を投射するようになっている。

【0233】この画像表示装置では、ランプ533からリフレクタ534を介して出力されたほぼ平行光束が、前記実施の形態4-1で説明したのと同様に、偏光分離素子510およびインテグレータ541によって偏光方向が揃えられるとともに光束の面内での均一性が保たれるようにされた後、ダイクロイックプリズム611に入射する。このダイクロイックプリズム611は、各帯域の波長のフィルタが内部に形成された構成となっていて、偏光照明装置601からの白色光は前記波長フィルタに対応して、色の三原色であるR、G、Bの各波長に対応した光に分解され、それぞれ同図中に矢印で示した方向に出射する。ここで、上記ダイクロイックプリズム611は、これは2枚構成のダイクロイックミラーが用いられる場合と同様の機能を有するが、プリズム構成のために、広い空間を使用することなく色の分解が可能であるため、コンパクトな表示装置を構成することができるようになる。

【0234】上記ダイクロイックプリズム611から出射した各色の光は、全反射ミラー612~614により反射されて、下方側の色合成系要素620に導かれる。色分解系要素610から色合成系要素620に導かれた

各色の光は、全反射ミラー621~623により進行方向が概ね90°変化して反射され、各色の光に対応する透過型の画像表示素子624~626によって輝度変調された後、ダイクロイックプリズム627に入射する。このダイクロイックプリズム627は、前記ダイクロイックプリズム611と逆の機能を有し、それぞれR、G、Bの各色の光に分かれて入射した光の色合成を行うもので、合成された光をは、投射レンズ628の方向に向けて出射する。ダイクロイックプリズム627から出射した光は、投射レンズ628によって、スクリーン629上に投射され、拡大された画像として表示される。

【0235】上記のようにリフレクタ534から出力された光束の偏光方向を揃える偏光変換素子が設けられることにより、光利用効率を向上させて、明るい画像を表示し得る画像表示装置を構成することができる。

【0236】なお、上記のようにカラー画像を表示する画像表示装置等に偏光変換素子等を適用する場合には、ホログラム素子の作製にあたって、赤、緑、および青の光による光の干渉縞で多重露光したり、それぞれの色の光の回折に対して最適化したホログラム素子を積層したりした構造のものを用いるようにしてもよい。

【0237】また、上記偏光分離素子510および位相差板544に代えて、前記実施の形態3-4~3-6

(図24~26)に示したような偏光変換素子560等を用いるようにしても、同様に高い光利用効率を得ることができる。

【0238】また、上記のような偏光変換素子550等は、インテグレータ541とダイクロイックプリズム611との間に配置しても、同様の効果を得ることができる。また、偏光変換素子550等をダイクロイックプリズム611と画像表示素子624~626との間、すなわち色分離された後の各色の光に対応させた3つの偏光変換素子(およびインテグレータ)を設けるようにしてもよい。この場合には、各色の光に対応させて個別に偏光変換素子を設けるので、ホログラム素子として、それぞれの色の波長に合わせて波長分散の影響を低減させ得るように最適化したもの、すなわち各波長に対応した周期構造が形成されたものなどを用いることができ、一層光利用効率を向上させることができる。また、同様にインテグレータをダイクロイックプリズム611よりも後に設けるようにしてもよい。

【0239】また、ランプ533およびリフレクタ534の配置を異ならせれば、実施の形態3-1~3-3(図21~23)に示したような偏光変換素子540等を用いることもできる。

【0240】また、図28と同じ配置でリフレクタを設ける場合であっても、偏光変換素子をダイクロイックプリズム611と画像表示素子624~626との間、すなわち色分離された後の各色の光に対応させた3つの偏光変換素子(およびインテグレータ)を設ける場合に

は、上記のような偏光変換素子を適用することができ、この場合には、各色の光を色分解系要素610から色合成要素620に導くための全反射ミラー612等を偏光変換素子の全反射ミラー531として兼用することができる。しかも、前記のように、ホログラム素子としてそれぞれの色の波長に合わせたものなどを用いることもできる。

【0241】なお、実際に色分離した後の各経路中に偏光変換素子を設けた場合にカラー合成された画像のスクリーン上での明るさは、偏光変換素子を用いない場合に比べて、30%程度増加させることができた。これは、上記のような透過型も、後述する反射型も概ね同様であった。このように、回折光学素子を用いた偏光変換はカラー表示に対しても有効である。

【0242】また、図23で示す構成において位相板の入射角度による偏光特性の依存性を補正するため、面内での位相板の厚さを変化するといった手段を用いることも可能である。

【0243】（実施の形態4-3）前記実施の形態4-2と類似した構成で、反射型の画像表示素子を用いてカラー画像を表示し得る3板方式の投射型の画像表示装置の例を説明する。

【0244】この画像表示装置は、図29(a)に示す色分解系要素610の下方に、図29(b)に示す色合成系要素630が設けられて構成されている。

【0245】上記色分解系要素610は、前記実施の形態4-2で示したのと同じものが用いられている。一方、色合成系要素630は、実施の形態4-2と比べて、全反射ミラー621～623に代えて偏光ビームスプリッタ631～633が設けられている点と、透過型の画像表示素子624～626に代えて、反射型の画像表示素子634～636が設けられている点とが異なる。

【0246】上記偏光ビームスプリッタ631～633は、所定の偏光方向の光だけを反射するようになっているが、実際に色分解系要素610から導かれる光は、偏光変換素子によって偏光方向が揃えられた光なので、概ね全ての光が反射されて画像表示素子634～636に入射する。画像表示素子634～636に入射した光は各色の表示画像に応じて偏光方向が変調されて反射され、再度偏光ビームスプリッタ631～633に入射し、所定の偏光方向の光だけが透過することにより、上記偏光方向の変調が輝度変調に変換されて可視化される。その後、実施の形態4-2と同様にダイクロイックミラー637で色合成が行われ、投射レンズ628によってスクリーン629に画像が投射される。

【0247】上記のような反射型の画像表示素子においても、やはりリフレクタ534から出力された光束の偏光方向を揃える偏光変換素子が設けられることにより、光利用効率を向上させて、明るい画像を表示し得る画像表示装置を構成することができる。

【0248】また、この画像表示装置においても、前記実施の形態4-2で説明したような種々の変形が同様に可能である。

【0249】（実施の形態5-1）ホログラム素子を備えた画像表示装置の例を説明する。

【0250】画像表示装置は、図30に示すように、液晶素子701の両面に回折光学素子であるホログラム素子702、703が設けられ、これらの背面側に、ランプ704aとリフレクタ704bとを有する光源704が設けられて構成されている。

【0251】ここで、以下の説明において、図面の紙面に平行な方向に偏光方向を有する光をP偏光光、紙面に垂直な方向に偏光方向を有する光をS偏光光とする。

【0252】上記光源704のランプ704aとしては、例えば蛍光灯や、キセノンランプ、メタルハライドランプ、水銀ランプ、LED、FED、レーザ光、無機または有機EL素子等が利用できる。ランプ704aから発せられた光は、リフレクタ704bにより略平行光として出射するようになっている。この光源光は、P偏光光とS偏光光とが含まれている。

【0253】上記液晶素子701としては、例えば光の入射面側と出射面側とで液晶分子の方向が90°ねじれて構成されているツイストネマティック液晶が用いられる。この液晶素子701には、所定のパターンで形成された透明電極（不図示）が設けられており、各画素毎に、液晶に電圧を印加することができるようになっている。そこで、液晶に所定の十分な電圧（液晶を完全にスイッチングできるだけの電圧）が印加されている画素

(ON)では、液晶分子のねじれが解け、光の入射面に対して液晶分子が等方的に立った状態（ホメオトロピック）になる。このため、その画素にP偏光光が入射すると、偏光方向が変調を受けることなく、その偏光状態を維持したまま液晶素子701を通過する。一方、液晶に電圧が印加されていない画素(OFF)では、液晶分子は入射面から出射面までの厚さ方向において液晶分子の向きが90°がねじれた状態となっている。そこで、その画素にP偏光光が入射すると、そのP偏光光は液晶素子701を入射面から出射面までを通過する間に液晶のねじれに起因するツイストネマティック効果によりその偏波面を90°回転させる。したがって、OFF画素を通過した後、S偏光光となって出射することになる。

【0254】また、上記ホログラム素子702、703としては、例えば前記実施の形態1または実施の形態2-1で示したのと同様のホログラム素子が用いられる。ここで、実施の形態1のホログラム素子が用いられる場合には、ITO間に所定の電圧が印加された状態で用いられる。このホログラム素子702、703は、前記のように偏光方向によって回折作用が異なり、また回折特性としては、所定の1方向に高い回折効率を示す特性を有している。

【0255】具体的には、例えばホログラム素子702、703に入射した光のうち、S偏光光は異常光成分として働くため、ホログラム素子702、703内に形成された周期構造の屈折率分布により変調され、図30における上方に進行方向が曲げられて出射する。一方、P偏光光は、ホログラム素子702、703に対して常光成分として作用するため、ホログラム素子702、703の周期構造からなる屈折率分布の影響を受けず、等方的な均一な屈折率の媒体を通過する場合と同様の挙動を示す。このため、P偏光光はホログラム素子702、703をそのまま通過することになる。

【0256】そこで、光源704からのP偏光光とS偏光光とを含む光がホログラム素子702に入射すると、S偏光光は、上記のように回折されて液晶素子701にはほとんど入射せず、P偏光光だけがホログラム素子702を透過して液晶素子701に入射する。液晶素子701に入射したP偏光光は、上記のように、ON画素ではP偏光光のまま出射する一方、OFF画素ではS偏光光に変換されて出射する。すなわち、液晶素子701から出射する光は、その通過位置の画素のON、OFFに応じて異なる偏光光になる。

【0257】上記液晶素子701から出射した光がホログラム素子703に入射すると、ホログラム素子702と同様に、S偏光光は回折され、P偏光光だけがそのまま直進する。すなわち、液晶素子701の各画素を通過した光は、画素のON、OFFに応じてホログラム素子703から出射する方向が異なることになる。それゆえ、画像表示装置を表示面のほぼ法線方向から視認する観察者からは、OFF画素を通過した光はホログラム素子703の回折作用により視野域の外側に射出するので視認されない一方、ON画素を通過した光は、ホログラム素子703をそのまま直進して観察者の視野領域内に入り、明パターンとして視認される。

【0258】次に、実際に作製した画像表示装置の例について説明する。

【0259】この画像表示装置では、光源704としては、蛍光ランプにグリーンフィルタを通したものをを用い、0.55 $\mu$ m程度の波長の光を出射するようにした。液晶素子701としては、3インチ程度のVGA(640x480)の分解能を有するものを使用した。これに画像信号を入力し、表示画面のほぼ法線方向(正面)から観察したところ、液晶素子701に入力される画像信号に応じた画像を正しく視認することができた。コントラストは10:1程度であった。また、ホログラム素子703を通過したS偏光光が回折する方向(図30における上方)に観察位置を移動させたと、先の画像に対し明暗が反転した画像が視認された。以上のように屈折率異方性を有する光学媒体から構成された屈折率分布型のホログラム素子702、703を液晶素子701を組み合わせることで構成することにより、OFF画素に

対応して入射した光を遮断(吸収)することなく、観察者の視野領域外に出射させることによって、画像の表示を行うことができ、視認性のよい画像表示装置を作製できる。しかも、偏光板を用いる場合のように光の吸収による発熱が生じることはない。

【0260】なお、各画素に印加する電圧を制御することにより、その電圧に応じて液晶を通過する光の偏光方向を上記P偏光光とS偏光光との中間の状態、つまり楕円偏光のように設定することができる。このとき、ホログラム素子703に入射する光は各画素の印加電圧に応じて直進する成分と回折される成分とに分割されるため、中間調の表示も可能となる。

【0261】また、上記の例では、液晶素子701として、ツイストネマティックタイプのものについて説明を行ったが、入射光に対してその偏光方向を変調する作用を有するものであれば、いずれのタイプのものでもよい。また、90°以上のねじれの角度を有するスーパーツイステッドネマティック(STN)液晶も同様に利用可能である。また、液晶分子がその厚さ方向に対して一様にホモジニアス配向しており、電界の印加に対してホメオトロピック配向になるものや、または、ホメオトロピック配向からホモジニアス配向へと変化するものなどのようなVA(Vertical Alignment)モードの液晶を使用しても同様の効果を得ることができる。

【0262】さらに、電界の極性により液晶分子の配列の方向が異なる強誘電性液晶や反強誘電性液晶等の利用も可能である。

【0263】上記のような液晶素子701は、通常、液晶ディスプレイとして用いられている液晶パネルと同様のものである。従って、液晶素子に使用されている前後面の偏光板を本発明のホログラム素子702、703と置き換えるだけで上記のような画像表示装置を構成でき、他の照明系や駆動系等はそのままの状態でも適用することができるため非常に汎用性に優れている。

【0264】(実施の形態5-2)前記実施の形態5-1と同様のホログラム素子702、703を用いて、図31に示すような画像表示装置を構成した。すなわち、光源704の配置をホログラム素子702の下側付近に配置し、斜め側方から光を照射するいわゆるサイドライトの構成とした。なお、光源704は実施の形態5-1と同様に蛍光ランプにグリーンフィルタを設けたものをを用いた。他の構成については実施の形態5-1と同様のものとした。

【0265】この画像表示装置では、光源704から出射した光のうち、P偏光光はホログラム素子702をそのまま透過し、液晶素子701には入射しない。また、S偏光光はホログラム素子702で表示画面に対して概ね90°に曲げられて液晶素子701に入射する。液晶素子701を通過する光は画素の印加信号に対応して偏

光方向が変調されもう1つのホログラム素子703に入射する。ここで、S偏光光は同図における上方に回折されて観察者の視域外へと出射される。P偏光光はホログラム素子703をそのまま通過し、観察者によって視認されることになる。観察者の位置からホログラム素子703方向表示画面の法線方向からを観察した場合、入力される画像信号に応じた画像が正しく視認された。また、観察者付近の位置からホログラム素子702、703を通して外界の風景を観察することも可能であった。以上のように、上記のように構成した画像表示装置は、画像表示と外界の風景とを同時にまたは切り換えて視認することが可能であり、いわゆるシースルータイプのディスプレイとして利用可能である。

【0266】（実施の形態5-3）前記実施の形態5-1と同様の1枚のホログラム素子702を用いて、図32で示すような画像表示装置を構成した。すなわち、画像表示装置の内部に光源を持たず、自然光や室内光のような外部光を利用して画像を表示する構成とした。また、液晶素子701は実施の形態1と同様のものを使用した。

【0267】以下に、この画像表示装置の表示原理について説明する。

【0268】まず、P偏光光およびS偏光光を含んだ外部光710がホログラム素子702に入射すると、P偏光光成分はホログラム素子702で変調されることなくそのまま透過し、液晶素子701にはほとんど入射しない。一方、S偏光光はホログラム素子702で回折されて、概ね全ての光が液晶素子701に入射する。液晶素子701に入射した光は、各画素の領域を通過し、ミラー711により反射される。このミラー711は金属から構成されたものや誘電体多層膜から構成されたもの等が利用できる。実際に制作したものには、ガラス基板にアルミニウムを蒸着したものをを用いた。

【0269】ミラー711により反射された光は再び液晶素子701の各画素の領域を通過し、各画素に印加された電圧に応じて偏光方向が変調されて、ホログラム素子702に入射する。ホログラム素子702に入射したS偏光光は、同図における上方に回折され、観察者の視野域の外に出射される。また、P偏光光はホログラム素子702をそのまま透過するため観察者によって視認されることになり、液晶素子の各画素に印加された信号電圧に応じて画像が視認される。

【0270】実際に作製した上記のようなミラーを用いた反射型の画像表示装置を室内光の照明のもので観察したところ、明暗のパターンからなる画像が視認された。コントラストは10:1程度であった。室内光である白色光源を用いたが、色の滲み等による画質の劣化はほとんどなかった。これは、復路においてホログラム素子703で回折されるS偏光光は波長により回折方向が異なることになるが、回折角を観察者の視域に比べて大きく

設定すれば、認識領域外となり、波長による回折角の影響はほとんど問題とならないためと考えられる。

【0271】したがって、上記のように構成した外部光を用いる反射型の画像表示装置において明瞭に画像を認識することが可能であり、しかも内部のバックライトを必要としないため、低消費電力化および小型化に適している。

【0272】（実施の形態5-4）図33に示すように、実施の形態5-1と同様のホログラム素子702、703を用いて構成した外部光および内部光源の併用タイプの画像表示装置について説明する。

【0273】この画像表示装置では、ホログラム素子702、703は、実施の形態5-1で示したものと同一のものであるが、ホログラム素子702は、実施の形態5-1と比べて、同一平面内で90°回転させた状態に配置されている。それゆえ、ホログラム素子702は、S偏光光に対しては回折作用を示さず、P偏光光に対して回折作用を有する。すなわち、ホログラム素子702、703は、P偏光光とS偏光光とに対する偏光方向の依存性が逆となるように構成されている。なお、同様の機能は、図18に示すホログラム素子において、初期の液晶のホモジニアスの配向方向が90°異なるように配向処理することによっても、持たせることができる。すなわち、液晶分子の配列方向を入射光に対してどのように設定するかによって、何れの偏光光に対して回折作用を持たせるかを決定することができる。

【0274】液晶素子701は実施の形態5-1で使用したものと同一である。また、ミラー711は実施の形態5-3と同様のアルミニウムの蒸着によって形成されたものである。また、光源704は蛍光ランプであり、白色光源として用いた。

【0275】ここで、図33において、実線の矢印は、外部光の伝搬を示し、一点鎖線の矢印は、光源704からの光の伝搬を示す。

【0276】以下、まず光源704からの光による表示動作について説明する。サイドライトとしてホログラム素子702の斜め側方に配置された光源704からのP偏光光およびS偏光光を含んだ光は、ホログラム素子702によりS偏光光が回折作用を受けずにそのまま透過し、P偏光光は回折により概ね90°表示画面に対して概ね90°の方向に曲げられて液晶素子701に入射する。

【0277】液晶素子701に入射したP偏光光は液晶素子の各画素で変調を受け、偏光方向が変化しこれに伴いホログラム素子703の作用による進行方向が異なる。その結果として、観察者は入力された画像信号に対応した画像情報を視認することができる。

【0278】次に外部光710による表示動作について説明する。外部光710のうち、P偏光光はホログラム素子703で変調を受けずそのまま透過し、液晶素子7



01には入射しない。S偏光光については回折光学素子の回折作用により進行方向が曲げられ、液晶素子701に概ね入射する。液晶素子701の各画素を通過したS偏光光はホログラム素子702に対しては回折作用を受けないため、そのまま透過しミラー711によって反射される。そして再びホログラム素子702を通過した後、液晶素子701の各画素に入射し、画素毎に偏光方向が変調されてホログラム素子703に入射する。ON画素を通過したS偏光光はホログラム素子703で回折され観察者の視域外へと出射される。また、OFF画素を通過したP偏光光はホログラム素子703をそのまま通過し観察者に明パターンとして認識される。

【0279】ここで、光源704からの光と外部光とでは液晶素子のON、OFFに対応する明暗のパターンが反転することになる。これに対しては、光源の選択と対応させて映像信号のパターンの反転を行うことで対処できる。

【0280】また、厳密には光源704からの光は液晶素子に対して1回の透過だけなのにに対し、外部光710はミラーにより反射されて往路と復路の2回液晶素子を通過する。このため、液晶素子701での変調割合が異なることになる。これについては、あらかじめ1回通過と2回通過の変調度を見積もることができるので、光源の選択に応じて映像信号を補正することで対処可能である。

【0281】上記のように、ホログラム素子702、703の偏光依存性を異なるように設定することで、透過モードと反射モードの両立を図ることができる。

【0282】実際に作製した画像表示装置を観察した結果、暗い部屋では光源704を用いることによって明瞭に画像を視認することができ、明るい照明光の元では光源704を点灯することなく画像の認識を行うことができた。このように、この画像表示装置を用いれば、暗い場所や明るい照明光の元など環境に応じて光源を選択することが可能である。したがって、消費電力の効率化と多種の環境下での画像の視認性を向上させることが可能である。

【0283】さらに、画像表示装置が使用される環境での照明光の明るさを検出し、自動的に光源を選択または光源の強度を設定するような使い方も可能であり、これにより、表示能力を一層向上させることが可能である。

【0284】（実施の形態5-5）図34に、実施の形態5-1と同様のホログラム素子702、703に、カラーフィルタ721を組み合わせ構成した画像表示装置を示す。光源704としては蛍光ランプをフィルタを通すことなく白色光として用いた。また、液晶素子720は、実施の形態5-1の液晶素子720と同様の構造を有しているが、3倍の画素密度を有し、カラーフィルタ721における赤（R）、緑（G）、青（B）の領域に対応した3つの画素が組になって、液晶素子720と

同等の画素密度でカラー画像を表示し得るようになっている。

【0285】また、カラーフィルタ721は、液晶素子720の各画素に対応する領域ごとに、それぞれR、G、Bの何れかの波長の光を選択的に透過させ、他の波長の光を吸収するようになっている。

【0286】この画像表示装置では、光源704から出射したP偏光光とS偏光光を含む光は、ホログラム素子702においてS偏光光が同図における上方に回折される。それゆえS偏光光はカラーフィルタ721に入射することではなく、P偏光光のみがカラーフィルタ721に入射する。

【0287】カラーフィルタ721を通過した、R、G、Bの各波長に対応する光は、液晶素子720の各画素に入射する。そして、各画素のON、OFFに対応して偏光方向が変調される。この結果、ON画素を通過した光はホログラム素子703をそのまま通過し観察者に到達する。また、OFF画素を通過した光はホログラム素子703で同図における上方に回折されるため、観察者の視野域外となり、観察者にとっては光強度として認識されない暗パターンとなる。

【0288】図34では簡単化のためR、G、Bに対応する各画素がすべてONとOFFの場合を示してあるが、それぞれの波長の光が入射する各画素に対し、印加する電界を独立に制御しホログラム素子703を通過させることにより、観察者にはR、G、Bのそれぞれの波長の光のうち、選択された色の光が到達することになるため、それぞれの組み合わせとしてのカラー画像の表示が可能になる。

【0289】ここで、各波長に対するホログラム素子703の波長分散の影響については、回折角を大きく設定し、回折角の小さい短波長の光でも観察者の視域外であるように設定すればよい。つまり、OFFに対応する画素を通過した各波長の光はいずれもホログラム素子703で観察者の視域外へと回折されるため光強度として認識されず、混色等の問題は生じない。

【0290】また、ON画素を通過した光は、通常、ホログラム素子703で回折作用を受けない。しかしながら、ホログラム素子703を形成する液晶材料が波長分散を持つ場合は波長によって $\Delta n = n_e - n_o$ が異なることがあり、素子内が等方的な媒質とみなせなくなる。この場合は、透過した各波長の光において角度差を生じることになり、観察者にとっては色の滲み等として視認されることになる。しかし、透過の場合であり、観察者のホログラム素子703からの距離があまり離れていなければ、大きな画質的な劣化は生じない。

【0291】実際に作製した画像表示装置にR、G、Bのカラー画像信号を入力し、ホログラム素子703から30cm程度離れて観察したところ、混色や色の滲み等はほとんどなく明瞭なカラー画像を観察することが可能



であった。

【0292】また、ここでのカラーフィルタの組み合わせは図34の構成においてのみ使用されるものではなく、図32の反射タイプ、図33の透過と反射の兼用タイプ、また、これらの変更された構成においても適用できることは言うまでもない。

【0293】（実施の形態5-6）前記実施の形態5-5の画像表示装置のホログラム素子702、703として、R（0.65 $\mu$ m）、G（0.55 $\mu$ m）、およびB（0.45 $\mu$ m）の各波長の光により多重露光を行って作製したものを用いてもよい。以下、そのようなホログラム素子の作製プロセスについて説明する。

【0294】まず、実施の形態2-1における図18のホログラム素子を作製する場合と同様にして液晶サンプルを作製する。これをArレーザを用いる光学系装置にセッティングし、まず第1の露光工程として、G（0.55 $\mu$ m）の波長に対応する干渉縞により露光を行う。次に、ミラー（反射ミラー）の角度を変化させ、前記の第1の露光行程を繰り返し、R（0.65 $\mu$ m）の波長に対応する露光を行う。さらに、B（0.45 $\mu$ m）に対応する干渉縞を同様にして形成して露光を行う。その後、実施の形態2-1と同様にして均一な光を液晶サンプルに照射する第2の露光行程を行うことで、干渉縞が重畳されたホログラム素子を作製することができる。

【0295】上記のようにして作製したホログラム素子を図34のホログラム素子702、703に代えて用い、液晶素子701にカラーの映像信号を入力して、観察者の位置から観察したところ、ホログラム素子がR、G、Bの何れの波長に対しても最適化されているため、色の滲みや混色等の問題もなく明瞭な画像を認識することができた。さらに、観察位置を前後に30cm程度移動させても画質の劣化等の影響は生じなかった。

【0296】（実施の形態5-7）前記実施の形態5-5の画像表示装置のホログラム素子702、703として、それぞれR（0.65 $\mu$ m）、G（0.55 $\mu$ m）、またはB（0.45 $\mu$ m）の各波長の光により露光を行って作製した3枚のホログラム素子が積層されたものを用いてもよい。

【0297】上記のようなホログラム素子を図34のホログラム素子702、703に代えて用い、液晶素子701にカラーの映像信号を入力して、観察者の位置から観察したところ、R、G、Bの各波長に対し、それぞれの層の回折光学素子により独立に回折作用が行われ、波長分散が緩和された。この結果、色の滲みや混色等の問題もなく明瞭な画像を認識することができた。さらに、観察位置を前後に30cm程度移動させても画質の劣化等の影響は生じなかった。

【0298】（実施の形態5-8）前記実施の形態5-1等の画像表示装置は、画像表示兼用照明装置に適用することもできる。以下、トンネル内で道路交通情報の表

示を行うとともに、トンネル内の照明を行うことができる装置の例を説明する。

【0299】図35に示すように、画像表示装置731は、トンネルの壁面732に設置されている。この画像表示装置731は、例えば実施の形態5-1で説明した画像表示装置と同様の構成を有し、ホログラム素子における回折光の出射方向が、トンネル内を走行する車両733の進行方向に対向するように設置されている。すなわち、実施の形態5-1においては、表示画面のほぼ法線方向（正面）から表示画像を視認する例を説明したが、表示動作が行われている際には、同時に回折光によって正面から視認される画像とは明暗が反転した画像が表示されている。そこで、画像表示装置に入力される画像データとして、あらかじめ明暗を反転した画像データを入力することにより、回折光によって、表示画面の法線に対して傾いた方向から視認することのできる画像を表示させることができる。

【0300】ここで、回折光の出射方向、すなわち回折光による表示画像の視認方向は、ホログラム素子の周期構造の傾きやピッチによって設定することができる。それゆえ、表示画像を斜め方向から視認必要があるような種々の装置にこの表示装置を適用することができる。

【0301】また、回折光によって画像の表示を行う場合、逆に表示画面の法線方向には、ホログラム素子を透過した光が出射する。この出射光による画像は斜め方向からは視認できないが、夜間やトンネル内等での回りが暗い環境下では照明光としての役割を果たすことになるため照明装置としての利用が可能である。すなわち、画像表示装置と照明装置の両機能を併せもつ装置を構成することができる。このように画像表示装置と照明装置の機能を持たせることができるのは、通常の偏光子を用いた液晶ディスプレイでは画像表示に用いられない光は偏光子で吸収され、照明に用いることができないのに対し、上記のようにホログラム素子を用いた表示装置は、透過光と回折光とが原理的に等分に射出するからである。

【0302】本発明におけるホログラム素子702、703により光を分割する構成での画像表示装置の特徴である。

【0303】なお、複数の画像表示装置731を壁面732に配置すれば、車両の進行位置に応じて観察者に画像情報が段階的に認識されるような使い方も可能であり、交通情報により注意を喚起したり、認識を容易に行わせるような場合に有効である。

【0304】実際に、図35のようなトンネル内での構造を模倣した実験室において画像表示装置731を配置して実験を行ったところ、観察者の位置の移動と共に視認し得る画像を表示させることができた。また、画像表示装置731の前面へ射出された光は暗い実験室内での照明光としての役割をも併せて果たすことも確認され

た。

【0305】このような画像表示兼用照明装置は、トンネル内に限らず、通常の幹線道路や、高速道路での交通情報表示用および照明用にも適用可能であり、その他の特定方向に優先的に画像情報を表示する使い方に対して適用され得ることは言うまでもない。

【0306】（実施の形態5-9）前記実施の形態5-1と同様のホログラム素子を用いて構成された偏光変換素子を有する画像表示装置の例を説明する。

【0307】この画像表示装置には、図36に示すように、実施の形態5-1のホログラム素子702に代えて、同一平面上に配置されたホログラム素子741~744が設けられている。また、ホログラム素子743、744と液晶素子701との間には、位相差板（ $\lambda/2$ 板）745、746が設けられている。光源704は、実施の形態5-1と同様に蛍光ランプにグリーンのフィルタを通したものをを用いた。他の構成については実施の形態5-1と同様である。

【0308】この画像表示装置では、光源704から出射した光のうち、P偏光光は回折光学素子741、742をそのまま透過して液晶素子701に入射する。また、S偏光光は、ホログラム素子741、742により概ね90°の角度でほぼ横方向に回折され、それぞれ側方に配置されたホログラム素子743、744に入射する。ホログラム素子743、744に入射した光は、ホログラム素子743、744でさらに概ね90°の角度で回折される。ホログラム素子743、744で回折された光は、位相差板745、746によって偏波面が90°回転させられ、P偏光光として液晶素子701に概ね垂直に入射する。

【0309】すなわち、ホログラム素子741~744および位相差板745、746によって偏光変換素子が構成され、光源704からの光は偏波面が揃った光波（この場合はP偏光光）として液晶素子701に入射することになる。それゆえ、光利用効率が高くなり（理論的に約2倍）、明るい画像を表示することができる。

【0310】また、光源704の照射領域を広げることにもなり、小さい面積の光源704からの光を照射領域を拡大して画像表示を行わせることも可能であり、システムの小型化、低消費電力化においても有効である。

【0311】液晶素子701を通過する光は画素の印加信号に対応して偏光方向が変調されもう1つのホログラム素子703に入射する。

【0312】ここで、S偏光光は紙面上方に回折され観察者の視域外へと出射される。

【0313】P偏光光はホログラム素子703をそのまま通過し、観察者によって認識されることになる。

【0314】観察者の位置からホログラム素子703方向を観察した場合、印加された入力信号に対応する画像が正しく認識された。

【0315】以上のように、ここで構成した画像表示装置は、光源からの光波の概ね全てを画像表示に有効に利用でき、照明領域も拡大することが可能である。

【0316】（実施の形態5-10）前記実施の形態5-1と同様のホログラム素子を用いて構成された偏光変換素子を有する小型画像表示装置の他の例を説明する。

【0317】図37に本発明の実施の形態5-10で構成した小型表示装置の概略を示す。光源704からの光波はホログラム素子751に横方向から入射し、P偏光光はこの回折光学素子により概ね90°回折され液晶素子701へと入射する。

【0318】また、S偏光光はホログラム素子751を通過し、もう1つのホログラム素子752に入射する。回折光学素子752はS偏光光に対し屈折率分布を生じるように形成され、ホログラム素子752に入射したS偏光光は、概ね90°回折されて出射する。この後、 $\lambda/2$ 板753を通過し、偏波面が90°回転させられP偏光光として液晶素子701に入射する。

【0319】従って、実施の形態5-10と同様に光源704からの光量の概ね全てを液晶素子の表示に利用することができる。また、横方向から光を入射する構成のため、シースルー型の機能や実施の形態5-4で構成したような外部光源と内部光源の併用タイプも可能である。

【0320】実際に作製した画像表示装置では、光源704として蛍光ランプにグリーンのフィルタを通したものをを用い、0.55 $\mu$ m程度の波長の光を出射するようにした。液晶素子としては0.9インチ程度のVGA（640x480）の分解能を有する小型の液晶パネルを使用した。これに画像信号を入力すると、液晶素子701を通過する光は画素の印加信号に対応して偏光方向が変調されもう1つのホログラム素子703に入射する。

【0321】ここで、S偏光光は紙面上方に回折され観察者の視域外へと出射される。P偏光光はホログラム素子703をそのまま通過し、観察者によって認識されることになる。

【0322】さらに今回は拡大光学系754をホログラム素子703の光出射側に用いた。ここでは拡大光学系として平面型のフレネルレンズを用いた。拡大光学系としては凸レンズや屈折率の面内変化を用いた液晶レンズの使用も可能である。薄型のレンズにより拡大光学系を構成すれば小型のシステムを構成でき好ましい。

【0323】観察者の位置からホログラム素子703方向を観察した場合、印加された入力信号に対応する画像が正しく認識された。また、今回0.9インチの小型の液晶パネルを用いているにも関わらず、拡大光学系754の作用により観察者にはホログラム素子703からの距離により表示像が拡大されて明瞭に認識することが可能であった。

【0324】図37に示すような構成はシステム全体の小型化が可能であり、携帯情報端末用のマイクロディスプレイとして使用可能な非常に小型の画像表示装置としての利用が期待される。

【0325】（実施の形態6）前記実施の形態1で示したホログラム素子を用いて構成される画像表示装置について説明する。

【0326】画像表示装置の構成図を図38（a）に示す。この画像表示装置においては、透過型液晶パネル819のバックライトユニットに本発明に係るホログラム素子820を用いている。

【0327】光源823からの光束824は導光体821の端面から入射し、導光体821を伝搬しつつ裏面に設置された本発明のホログラム素子820によって液晶パネル819の基板の略法線方向に回折される。液晶パネル819に入射した光束822は変調され画像を表示する。

【0328】尚、ホログラム素子820の裏面には反射ミラー826を設け、ホログラム素子820を透過した光をさらに反射できる構成となっており、例えばこの反射ミラー826に光を散乱せしめるドット（不図示、従来例7の他多数開示されている公知技術）を形成することが好ましい。

【0329】液晶パネル819としては、透過型であればよく、その駆動方法、液晶材料を問わずあらゆる種類の液晶パネルを用いることができる。尚、外光の明るさに応じて透過型としても用いる反射型の液晶パネルであっても良い。

【0330】光源823としては、例えばCCFTを用いることができ、従来例8をはじめとして多数開示されているように反射鏡825を設けても良い。導光体821としては主にアクリルなどの樹脂材料を用いることができ、例えば従来例7、特開平9-5743号公報等に多数開示されているように、楔型の形状とすることも可能である。

【0331】ホログラム素子820の基本的な機能は、ホログラム素子に入射した無偏光な光束824の中で特定の偏光成分を、液晶パネル819の略法線方向に、かつ特定の立体角内に選択的に回折せしめるもので、電圧の有無によりホログラム素子として機能したり、単なる等方的な媒体として機能する。

【0332】すなわち図39（a）、（b）に示したように、例えば電圧無印加時にホログラム素子として機能し、電圧印加時に等方媒体として機能せしめることができる。ホログラム素子として機能せしめる場合には、本発明に係るホログラム素子820は、無偏光な入射光束824の中で特定の偏光成分のみを液晶パネルの略法線方向に、かつ特定の立体角内に選択的に回折する。

【0333】その際、液晶パネルが偏光型、すなわち特定の偏光光のみを変調する方式であって、光入射側に偏

光板（不図示）を設けている場合には、該偏光板の偏光方向（偏光子が透過する偏光光の電界ベクトルの振動方向）と、ホログラム素子が選択的に回折する偏光光の偏光方向（電界ベクトルの振動方向）を概ね一致させることで、初めて高い効率を実現できる。

【0334】一方、電圧を印加することで本発明のホログラム素子820は略等方的媒質となり、入射光束824はホログラム素子820を透過し、その裏面に設けられた反射ミラー826により散乱された光束が液晶パネル819に入射する。この場合における液晶パネル819の出力光束は、従来のバックライトにより照明された場合と同様に反射ミラー826に設けられたドットによってほぼ一様に拡散される。

【0335】このように、本発明のホログラム素子820を用いた画像表示装置にあっては、電圧を印加しない場合には照明光を略法線方向の狭い立体角内に回折せしめるため、液晶パネル819を正面から観察する際の輝度を極めて高くすることができ、さらに電圧印加によって、正面から観察する際の輝度は落ちるが広い視野角を確保することができる。

【0336】本発明のようにホログラム素子を液晶パネルのバックライトユニットに用い、かつ回折光に指向性を持たせて、正面から見る場合（液晶パネルの法線方向から眺める場合）の輝度を高くする例は、例えば従来例7～従来例10等多数開示されているが、上記例にあってはホログラム素子は入射光を常に回折するという単一の機能を有するのみであり、本発明のホログラム素子820のように視野角を切り替えられるものではない。

【0337】また、従来例1、従来例2では、スイッチング可能なホログラム素子の開示がなされているが、液晶パネルのバックライトとしての具体的利用については何ら開示されていない。前述のように、液晶パネルの偏光板の偏光方向と、ホログラム素子により選択的に回折される光の偏光方向を一致させることで、初めて高い効率を実現できるのである。

【0338】本発明の画像表示装置が有する画像の明るさ、視野角を切り替えることができる機能は、例えば据え置き型、ノート型を問わずパーソナルコンピュータや携帯型情報端末のディスプレイとして用いる場合に極めて貴重な機能である。

【0339】すなわち、個人で画像を見る場合には、視野角（画像を視認することができる範囲と等価な意味）がむやみに広い必要はなく、作業時などの像観察時に必要な限られた範囲で十分である。本発明によれば正面から画像を観察する作業者の方向に概ね画像を出力することになるので、ランプの消費電力を小さくすることができる。

【0340】それに対して、多人数で画像を観察する場合には、逆に視野角は広い方が望ましい。それゆえ本発明のように個人で画像を観察する場合と、多人数で像を

観察する場合とで視野角を変えられる機能が重要となる。但し、厳密には視野角が変えられるのではなく、本発明のホログラム素子 820 は、ある特定の狭い立体角内に反射される光束の量を、印加電圧によって制御できることを意味する。

【0341】次に、本実施の形態 6 で用いるホログラム素子の作製方法について説明する。

【0342】本実施の形態 6 で用いるホログラム素子 820 は、実施の形態 1 および 4-1 で説明したように、ITO501 を形成した 2 枚のガラス基板 502 で作製されたセルに光硬化型液晶として例えば UV キュアラブル液晶と非重合性液晶の混合物を注入し、2 光束干渉縞を照明することで作製できる。

【0343】但し、参照光を光束が入射する角度で、物体光を基板に略垂直に入射せしめることが特徴である。また、その際電圧を印加した状態で 2 光束干渉露光を行うことにより、例えば図 39 に示したような所望の干渉縞が形成され、干渉縞の強度の強い部分に UV キュアラブル液晶が、強度の弱い部分に非重合性液晶が分離され本発明のホログラム素子 820 が作製される。

【0344】実際に作製する場合には、物体光、参照光ともに平面波である必要はなく、例えば物体光として特定の立体角内に広がる光束を、参照光として導光体 21 を伝搬しホログラム素子に入射する光束とほぼ等しい角度範囲から入射する光束を用いることが好ましい。

【0345】また、上記構成において、例えば本発明に係るホログラム素子 820 の ITO501 をパターンニングしておき、領域毎に印加電圧を異ならしめて屈折率異方性を局所的に制御することもできる。それによって局所的にホログラム素子 820 の効率の最適化を図ることも可能である。また例えば、従来例 7 に開示されているようにホログラム素子を微小なモザイク状に配列し、入射光波長および入射角に対して最大効率を示すように個々の微小ホログラム素子を最適化してもよい。

【0346】また、図 38 (b) に示したように本発明に係るホログラム素子 820 と、反射ミラー 826 の間に  $\lambda/4$  板 827 を設け、かつ反射ミラー 826 をホログラム素子 820 と平行ではなく、例えば約  $5^\circ$  傾けて配置することにより、本発明に係るホログラム素子 820 に例えば電圧を印加せず、異常光線を選択的に回折せしめるモードにおいて、該ホログラム素子 820 を透過する常光線 828 を異常光線に変換して再度ホログラム素子 820 に入射せしめることができる。

【0347】その際、反射ミラー 826 を傾けて設置しているので、該ホログラム素子 820 の角度依存性によって反射ミラー 826 からの反射光束 829 はホログラム素子 820 を透過し、ホログラム素子 820 により反射された光束 822 と同一の偏光光（この場合は P 偏光光）として液晶パネル 819 に入射することができ、光利用効率を高くすることができる。

【0348】以上述べたように、本実施の形態 6 で構成した画像表示装置は、本発明に係るホログラム素子 820 への印加電圧を調節することにより、光束が特定の立体角内に出力される量を制御することができる。それにより、必要に応じて視野角は狭いが明るい画像表示と、若干暗くなるが広い視野角を選択することが可能となる。

【0349】本実施の形態 6 で構成した画像表示装置は、据え置き型、ノート型のパーソナルコンピュータのディスプレイとしてだけではなく、携帯型情報端末、携帯型通信機器の表示用ディスプレイ、車載用のヘッドアップディスプレイとして用いることが可能である。

【0350】（実施の形態 7）本発明の実施の形態 7 として構成された本発明に係る画像表示装置について説明する。本実施の形態 7 の画像表示装置は、いわゆる従来からある直視型の液晶パネルであるが、液晶材料として光硬化型液晶と非重合性液晶の混合物に画素ピッチと同等の格子状の光（波長は該光硬化性液晶を硬化せしめる波長）を照明し、光誘起相分離現象により、各画素を囲むマイクロセル構造を形成している。

【0351】ただし、光硬化型の液晶の硬化後における  $n_e$ 、 $n_o$  は各々非重合性液晶の  $n_e$ 、 $n_o$  と略等しい構成となっている。

【0352】上記マイクロセル構成により液晶領域内で液晶分子が、自己配向力により、光硬化反応で安定化せしめた軸対称状に配向され、広い視野角および高コントラストを実現できる。

【0353】次に従来例と本実施の形態 7 に係る画像表示装置との違いについて述べる。上記マイクロセルによる視野角改善および高コントラストが実現できる効果は、例えば従来例 6 に開示されているが、従来例 6 では、単に光硬化性樹脂と液晶の混合物に、格子状の光（波長は該光硬化性樹脂を硬化せしめる波長）を照明し、光誘起相分離現象により、各画素を囲むマイクロセル構造を形成しているだけで、光硬化性樹脂の屈折率異方性に関しては何ら記載していない。

【0354】一般に光硬化樹脂は僅かではあるが複屈折を有し、若干の屈折率異方性を発現する。それゆえ、黒を表示する際に垂直入射の光束に対してはコントラストがよいが、斜めに入射する光束に対しては格子の部分が不連続な領域として目立ち、均一性が悪いという欠点があった。

【0355】しかしながら本実施の形態 7 の画像表示装置では、黒を表示する際の非重合性液晶の配向と同一の配向状態で光硬化型液晶を硬化せしめ、かつ該光硬化型液晶の光学的異方性を非重合性液晶の光学的異方性と略等しくするため、黒表示の際にマイクロセルの部分が目立ったり、コントラストの低下を抑制することができ、極めて均一な画像を表示することができた。

【0356】（実施の形態 8-1）図 40 に本発明の実

施の形態8-1で構成した、前記実施の形態2-1で示した体積ホログラム素子を用いた光情報処理装置の概略を示す。偏光を放射する半導体レーザ901より放射する光は、体積ホログラム素子521をそのまま通過し、結像レンズ904により1/4波長板905を介して光記憶媒体906上に集光される。この場合、体積ホログラム素子521を通過するレーザ光は回折を受けることなく半導体レーザ901からの出射光は、ほぼ全て光記憶媒体906上に集光される。

【0357】次に、光記憶媒体906で反射された光は、再度1/4波長板905を通過し結像レンズ904により収束される。この時、反射光は前記1/4波長板を2回通過することになるため、その偏光方向は、半導体レーザ901から出射されたときに対し、90°偏光方向が回転する。従って、今回は反射光は体積ホログラム素子521に形成されている所定波面に応じて回折作用を受け、光検出器902上に収束されることになる。

【0358】ここで光検出器902上の分割された領域毎に光信号が検出され、焦点ずれ、トラッキングずれ、及び前記光記憶媒体に記録された情報の信号の検出が行われる。この時、光検出器902に導かれる光量は、体積ホログラム素子521の往路での偏光分離による光利用効率及び復路での回折効率でほぼ決定される。

【0359】本発明の体積ホログラム素子521の原理及び構造を図41及び図42に示す。図41は一軸性の光学結晶の屈折率楕円体を示している。図41(a)は光軸がY方向にある場合の屈折率楕円体を示すものである。この時、Y-Z平面に偏光方向が存在する光に対しては異常光線となり $N_e$ の屈折率を示す。また、X-Z平面に偏光方向が存在する光に対しては常光線となり、 $N_o$ の屈折率を示す。

【0360】図41(b)は一軸性の光学結晶の光軸がY方向から90°傾いた場合の屈折率楕円体を示している。この場合、Y-Z平面に偏光方向が存在する光に対しては $N_o$ の屈折率を示し、X-Z平面に偏光方向が存在する光に対しても $N_o$ の屈折率を示すことになる。

【0361】又、光軸が(a)と(b)の中間状態ではY-Z平面に偏光方向が存在する光に対して、光軸の傾斜の状態に対応して $N_e$ と $N_o$  ( $N_e > N_o$ )の屈折率の中間値をとることになる。一方、X-Z平面に偏光方向が存在する光に対しては、光軸の傾きに関わらず常に $N_o$ の屈折率を示す。

【0362】以上のように屈折率異方性を有する光学媒体に対しては、入射する偏光方向に対し、 $N_e$ から $N_o$ の範囲の屈折率分布を有する場合と光軸の傾きに関わらず $N_o$ だけの屈折率分布を示す場合が存在する。

【0363】図18は体積ホログラム素子の断面構成を示す図である。この素子内部は、光の入射する表面から、厚さ方向に対し傾斜した周期的な層構造を有している。そして、隣合う層間では屈折率異方性を有する光学

媒体の光軸の傾きが、1つは体積ホログラム素子521の表面に平行となるように配列しており、もう1つは表面に対して垂直方向に配列している。

【0364】ここで、この体積ホログラム素子521に図18の紙面に対して垂直方向に偏光方向を有する光を常光線、紙面と平行方向に偏光方向を有する光を異常光線として、これらの光が体積ホログラム素子521に入射したときの振る舞いについて考える。

【0365】まず、常光線が入射した場合、図41のX-Z平面に偏光方向を有する光が入射した場合と同様の取り扱いとなるため、各層を構成する光学媒体の光軸の向きに関わらず、各層での屈折率は $N_o$ となる。つまり、屈折率が $N_o$ の様な媒体が存在するのと等しいため、これに入射する常光線は回折の作用を受けず、図18に図示したようにそのまま透過することになる。

【0366】次に異常光線が入射する場合について考える。屈折率異方性を有する光学媒体の光軸が入射面と平行に配列している層においては、入射光の偏光方向が光軸と平行となる。これは、図41のY-Z平面に偏光方向を有する光が(a)のY方向に光軸が存在する光学媒体に入射する場合に相当し、 $N_e$ の屈折率を有する層を通過することになる。

【0367】また、体積ホログラム素子521の入射面に対し光学媒体の光軸が垂直方向である層に対しては、図41の(b)に対してY-Z平面に偏光方向を有する光が入射する場合に相当するので、この層は $N_o$ の屈折率を有するものとして取り扱われる。

【0368】従って、異常光線に対しては体積ホログラム素子521は、その入射光の進行方向である厚さ方向において屈折率が周期的に異なる複数の層を通過することになる。この結果、入射光線はこの層の傾斜角度と周期のピッチに対応する特定の方向に光が集光される、いわゆるブラッグの回折作用を受けることになる。

【0369】図18に示したように、異常光線は体積ホログラム素子521を通過後、素子の内部に形成された層構造に対応して光路を変化することになる。

【0370】以上のように図40の光情報処理装置の構成における体積ホログラム素子521に対し、半導体レーザ901から出射する光の偏光方向を図18で示す常光線に対応するように設定する。この時、半導体レーザ901からの出射光は体積ホログラム素子521によって、変調を受けることなく結像レンズ904により1/4波長板を介して光記憶媒体906に集光される。

【0371】ここで反射された光は、再度1/4波長板を通過し、結像レンズ904を経て体積ホログラム素子521に入射する。この時、偏光方向が往路に対して90°回転しているため、図18で示す異常光線の場合に相当する。従って、体積ホログラム素子521の内部に形成された層構造に相当する周期的な屈折率分布に対応して特定方向、この場合では光検出器902上に集光さ

れることになる。

【0372】図18で示すような厚さ方向に周期構造を有するように構成することで、ブラッグの回折条件が適用されることになる。これは、ある波長を有する光が周期構造を形成する各層に入射した場合、各層で散乱された光はその波長と入射角度及び層間のピッチに対応する特定方向に散乱成分が強め合う現象を生じる。

【0373】これが、ブラッグの回折条件と呼ばれるものであり、このような条件は従来の2次元的な回折光学素子に対し、3次元的な構成となり、ブレース化（1つの方向に光を収束する）の作用を有することになる。

【0374】従って、従来の回折光学素子に対し、回折効率を飛躍的に向上することができ理論的には100%の効率が可能である。実際、中途での損失等を考慮に入れても90%以上の効率が期待できる。これに対し、前述したようなバイナリからなる回折光学素子で図40に示すようなホログラム素子を構成すると、回折波は0次を含み左右対称に高次まで回折されることになる。この結果、1次の方向への回折効率は最高でも40%程度と素子を通過する全光量に対する割合としては1/2以下の低い値となる。

【0375】本発明における体積ホログラム素子521を用いて光情報処理装置を構成すれば、光記憶媒体906からの反射光を光検出器902にほぼ全て集光することができるため、光強度の低下によるS/N比の低下といった問題を生じることはない。更に、体積ホログラム素子521の回折効率が高いため、半導体レーザへの戻り光量もほとんどない。従って、半導体レーザ901への光強度の帰還による光源であるレーザの発振の不安定性といった問題も生じなくなる。

【0376】図18では体積ホログラム素子521を構成する光学媒体の光軸が隣り合う層間で90°傾斜した屈折率差の最も大きい場合を示したが、この角度を任意に設定することで屈折率差をNeからNoの中間値に設定することも可能である。

【0377】また、これを利用した屈折率分布を選択することにより回折効率を調整し、光検出器902に対して検出光強度及びパターンを任意に設定することも可能である。

【0378】又、体積ホログラム素子521の領域をいくつかに分割し、それぞれ回折する方向をずらして光検出器902の異なった領域に光信号を受光させ、焦点ずれ、トラッキングずれといった各種の情報の検出を効率的に行うような構成も可能である。

【0379】さらに、半導体レーザ901を複数個異なった波長で使用し、光情報の書き込みだけでなく、記録も同時に行うような構成の場合、それぞれの光波長に合わせて異なった周期構造、角度等を有する層構造を体積ホログラム素子521内に重畳して記録することも可能である。

【0380】（実施の形態8-2）本発明における光情報処理装置に使用する回折光学素子の製造方法を図42を用いて説明する。

【0381】Arレーザ911からの360nm前後の波長の出射光は、開閉式のメカニカルシャッタ912を介してビームエキスパンダ913によって直径30mm～50mm程度のビームに広げられる。そしてビームスプリッタ914により2方向に分割され、ミラー906により体積ホログラム素子521上に形成する干渉縞の構造に対応する角度で照射される。またビームスプリッタ914で分割されたうちの一方の光束にはシャッタ915が配置されている。

【0382】次に、体積ホログラム素子521のセルの作製プロセスについて説明する。

【0383】ガラス基板上に透明導電性電極として、例えばITOを形成したものを2枚用意した。そして、これらの基板をダストを除去するために洗浄した後、高分子からなる配向膜、例えばポリイミドをスピンコート法等により塗布し、加熱処理を行うことなどで配向膜を基板上に形成する。

【0384】この後、ローラ等により特定方向にラビング処理を施し、一方の基板の周辺にシールの印刷を行い、もう一方の基板に直径5μm～20μm程度のビーズを分散させる。この2枚の基板をラビング方向が互いに対になるように張り合わせ空のセルを構成した。

【0385】屈折率異方性を有する光学媒体としては液晶を用い、ここで作製した空セルに対し注入を行った。今回使用した液晶は正の誘電異方性を有するものであるが、負の誘電異方性を有するものを使用することも可能である。

【0386】光重合性液晶モノマーまたは光架橋可能液晶ポリマー等が含まれており、360nm前後の紫外領域の波長の光照射により液晶は硬化し液晶分子の方向が固定化される特性を有している。注入は室温で大気雰囲気の中で行ったが、高温40℃～60℃程度、また真空雰囲気での注入を行ってもよい。液晶を注入後のセルに対し注入口及び脱気口付近を封止剤により密閉し、液晶サンプルは完成した。

【0387】以上のようにして作製した液晶サンプルを図42で示す光学系の中の体積ホログラム素子521の作製位置にセッティングした。初めにシャッタ912及び915を開いた状態で、サンプル位置には、1μmピッチ程度の干渉縞が形成されるように調整した。この時のミラー906による2光束の集光角度は15°～45°程度であり、Arレーザの照射強度は50mW～100mW程度である。

【0388】次に液晶サンプルに対してレーザにより干渉縞を形成するプロセスについて説明する。まず、シャッタ912を閉じ、シャッタ915を開いた状態で液晶サンプルをセッティングする。そして、シャッタ912



を所定の時間、ここでは1分間程度開放した後閉じる。

【0389】これが第一の工程であり、この過程により液晶サンプルにはレーザの2光束の干渉により形成されている干渉縞の強度の高い明部に属する領域の液晶の硬化が行われ、液晶分子が初期に配向された方向に分子軸が固定化される。ここでは、正の誘電異方性を有する液晶を用いているため、初期にはガラス基板に平行な方向に液晶分子は一樣に配向しており、この状態が保存されることになる。一方、干渉縞の暗部に属する領域では光強度が明部に比べ低いので、この第一の工程では液晶分子の硬化はほとんど促進されない。

【0390】次に、第二の工程として液晶サンプルの2枚のガラス基板の内側に形成された透明導電性電極としてのITO電極間に5(V/ $\mu$ m)程度の交流電界を印加する。この電界印加により干渉縞の暗部に属する領域の未硬化の液晶分子はガラス基板に対して垂直に立つ方向に傾斜する。この時の傾斜の角度は、印加する電界に比例するため電界の大きさを調整することで所望の傾斜角度、つまり屈折率差を与えることができる。

【0391】前記のように電圧を印加した状態でシャッタ915を閉じ、干渉縞を形成しない様な強度分布の光を体積ホログラム素子521の全面に5分間程度照射し、未硬化の暗部の領域の液晶を含んだ全体を完全に硬化させる。

【0392】以上のような第一と第二の工程を行うことで、図18で示したような構造を有する体積ホログラム素子521を作製した。この素子の回折効率をHe-Neレーザを用い入射する偏光方向を変化させて測定した。常光線に対する透過率は98%前後であり、高い透過率を有していた。また、異常光線に対する1次の方向への回折効率は90%程度であり良好な結果が得られた。従って、ここで作製した体積ホログラム素子は高い偏光分離特性及び回折効率を有しており情報処理装置に使用される回折光学素子として有望であることが判明した。

【0393】(実施の形態8-3) 対向する2枚のガラス基板を用い、これに対し配向膜形成から実施の形態8-2と同様のプロセスを行い、液晶サンプルを試作した。このサンプルを図42に示す光学システムにセッティングし、第一の工程として干渉縞の明部の露光を行った。

【0394】次に、第二の工程として暗部の縞に属する領域の液晶分子の配向方向を初期位置から変化させるため、図42で示す体積ホログラムサンプル521に対し磁界を印加するための設定を行った。具体的には超伝導マグネットにより液晶サンプル周りに磁場を形成した。

【0395】液晶は誘電異方性を有するため、電界と同様磁界の印加によっても液晶分子の分子軸を変化させることが可能である。前記のような磁場の印加により暗部の領域の液晶分子をガラス基板に対し垂直に立つ方向に

変化させる。そして、この状態で、実施の形態8-2と同様にシャッタ915を閉じ、均一な光照射を液晶サンプルに行うことでパネル全体の硬化を行った。

【0396】磁界印加を用いた場合、液晶サンプルは透明導電性電極としてのITO等の形成が不要となるため、このプロセスが省略され構成が簡単でより安価な作製が可能である。更に、ガラス、ITO界面での屈折率差による反射光の影響が除去されるため、透過率が高くなり回折光学素子としての機能も向上することになる。

【0397】以上のようなプロセスで作製した体積ホログラム素子の偏光方向に対する回折効率を実施の形態8-2と同様の手法で測定した。この結果、回折効率としては90%以上の性能を有しており、磁界印加による方法によっても液晶分子方向の制御を適切に行うことができることが判明した。

【0398】(実施の形態8-4) ガラス基板に配向膜を塗布する工程から実施の形態8-3と同様に液晶サンプルの試作を行った。本実施の形態8-4では、配向膜としてポリビニルシンナメート(PVCI)を用い、またローララビングの工程を省略した。このサンプルを図42における光学システムにセッティングした。今回、このシステムにおいてビームエキスパンダ913の直後に偏光子を設け、レーザ光の直線偏光成分のみを用いる構成とした。

【0399】まず、第一の工程として干渉縞の明部に属する領域の露光を実施の形態8-2と同様にして行った。この時、干渉縞パターンはレーザ光の直線偏光成分のみから成り立っている。高分子膜に光源として直線偏光を照射した場合、ランダムに配向している高分子の中からその主鎖(又は側鎖)を偏光方向に向けている分子が主に光を吸収し光反応を起こし、その膜に光学異方性が発現する。高分子材料等において、その高分子の光反応過程(光異性化、光重合、光分解)が照射される光の偏光方向とその高分子のなす角度によって制御できる。

【0400】従って、ここで干渉縞を構成する紫外領域の光の偏光方向を制御することにより、液晶の分子の配向方向がガラス基板に対し平行方向となるような設定を行った。

【0401】次に第二の工程では、前記の偏光子の直後に1/2波長板を置き、レーザ光の偏光方向を90°回転させた。そして、シャッタ915を閉じ、第一の工程における偏光方向と直交する方向に偏光方向を有する均一な光を液晶サンプルに照射した。暗部に属する領域では明部に対し、偏光方向が90°回転した光が照射されるため、液晶分子の配向方向が第一の工程の位置から変化して固定化される。

【0402】以上のプロセスによって干渉縞の明部と暗部に対応する層に液晶分子の方向が異なる周期構造を形成することが可能になる。この場合、光照射によって液晶分子の配向を行うため、干渉縞の露光と併せて行うこ



とが可能となり作製プロセスを簡略化できる。更に、ローラによるラビング法に対し、非接触で行うことができ、ダスト等の混入を防止し、信頼性の高い製造プロセス技術を確立でき、大量生産などにも安定して対応可能となる。

【0403】ここで作製した体積ホログラム素子521の回折効率を実施の形態8-2、3と同様の方法で評価した。この結果、回折効率としては70%程度であり、若干回折効率が低下するものの50%以上の効率が得られており、三次元的な周期構造が形成された回折光学素子が作製されたことが明らかとなった。

【0404】また、配向膜としてのPVCiを塗布した後、セルを組み立てる以前に特定の偏光方向を有する紫外領域の波長の光照射を行う過程を、液晶分子の配向性の改良のために導入してもよい。

【0405】（実施の形態8-5）実施の形態8-2と同様なプロセスを用い、液晶サンプルの試作を行った。今回はサンプルの半分の領域にマスクをし、図42に示す光学システムにセッティングした。そして、実施の形態8-2と同様に第一と第二の工程を行ってマスクのない領域に体積ホログラムを作製した。

【0406】次に、図42に示すミラー916の角度を変化させることで、2光束のビーム角度を5°程度変化した。そして、先のサンプルのマスク部分を取り除き、この部分に対して第一と第二の工程を繰り返し行い、体積ホログラムを作製した。

【0407】以上のようにして作製した体積ホログラム素子521を評価した結果、素子の全面への異常光線の照射に対し異なった2つの角度方向に光が回折された。

【0408】また、この時のそれぞれの回折効率は90%程度であり、複数の領域に異なった層構造を良好に作製できることが判明した。これを図40の構成に適用すれば、体積ホログラム素子521により2方向に分割されるため、光検出器902上の異なった領域で信号検出が1度に行われ、焦点ずれ、トラッキングずれ等の信号検出を効率よく行うことができる。

【0409】（実施の形態8-6）実施の形態8-2と同様にして液晶サンプルを作製した。これを図42に示す光学システムに導入し第一の工程を行うことで、干渉縞の明部に属する領域の露光を行った。ここで、ミラー916の角度を5°程度変化させ、異なる周期の干渉縞を形成し、この状態で前記の第一の工程を繰り返し明部の領域の露光を行った。

【0410】次に実施の形態8-2と同様にシャッタ915を閉じ、均一な光を体積ホログラム素子521に照射する第二の工程を行うことで体積ホログラム素子を作製した。

【0411】以上のようにして作製した体積ホログラム素子521の評価を行った。異常光線を用い、回折効率測定用のレーザの角度を2回の干渉縞の露光に対応する

方向に設定して、異なる角度でそれぞれ測定した。回折効率としてはそれぞれ2つの場合で75%~80%程度であった。干渉縞を重畳して形成することで多少回折効率が単独の場合に比べ減少しているが、これは液晶サンプルの厚さを厚く調整すること等でも改良は可能と考えられる。一方、常光線に対しては、実施の形態8-2と同様98%程度の透過率を有していた。

【0412】以上のように体積ホログラム素子521を干渉縞を重畳して作製することが可能であった。これは異なった波長をもつ複数のレーザを用いて光読み出し、記録を行う光情報処理装置において有効であると考えられる。

【0413】以上のように本実施の形態8-1~8-6では、屈折率異方性を有する光学媒体により光情報処理装置に使用される回折光学素子の構成及びその製造方法について説明した。

【0414】屈折率異方性を有する光学媒体としては、ニオブ酸リチウム、 $\text{KD}_2\text{PO}_4$ 、 $\beta\text{-BaB}_2\text{O}_4$ 、PLZT等の電気光学効果等を有する一軸性の結晶を用いることも可能であり、また、 $\text{KTiPO}_4$ 等の二軸性の光学結晶等も含め屈折率異方性を有する媒体を用いることにより効果を発揮することも可能である。

【0415】尚、記録専用または読み出し専用の装置としても用いることができることは言うまでもない。

【0416】

【発明の効果】以上のように本発明によれば、入射光を回折／直進の切り替え可能で、かつ直進せしめる際に斜めに入射する異常光線の回折が極めて小さいホログラム素子を提供することができる。また、本発明のホログラム素子を用いて、安価で、高効率な偏光分離素子、および偏光照明装置を構成することができ、さらに、これらを用いて効率の高い、すなわち明るい画像を表示し得る画像表示装置を構成することができる。

【0417】さらに、本発明のホログラム素子を用いて、視野角は狭いが明るい画像表示と、正面からの明るさは暗くなるが視野角の広い画像表示を必要に応じて随時切り替え可能な直視型の画像表示装置を構成することができる。

【0418】また、画像表示部に光硬化型液晶によるマイクロセル構造を有する画素を形成することにより、広視野角で、高コントラストで、かつ均一な画像表示を実現することが可能となった。

【0419】尚、本発明に係る画像表示装置は、発明の趣旨に基づき種々の変形が可能であり、上記構成に限定されるものではない。

【0420】また、本発明によれば、安価で、かつコンパクトで高い分離効率を有する偏光分離素子を構成することができる。また、本発明に係る偏光分離素子を用いて構成される投射型画像表示装置によれば、高い光利用効率を実現することができる。

【0421】また、本発明は、屈折率異方性を有する光学媒体を用いて三次元的な層構造を有する回折光学素子を偏光分離素子として用いた偏光照明装置とこれを利用した投射型画像表示装置に関するものである。屈折率異方性を有する光学媒体を用いることで特定の偏波成分に対しては透過し、これと直交する偏波成分に対しては回折といった偏光方向による選択性を有している。更に、三次元的な層構造から形成されているため、特定の方向に対しての回折効率が極めて高く、理論的には100%の回折効率を達成することが可能となる。

【0422】このように優れた偏光分離及び回折効率特性を同時に合わせて有している回折光学素子を用いて偏光照明装置を構成するため、極めて光利用効率の高い照明装置を提供することができる。また、これを用いて投射型の表示装置を構成することで、低消費電力で明るい画像を得ることが可能となる。

【0423】また、以上のようにディスプレイや照明光学系への幅広い応用が可能であり、大きな価値を有するものである。

【0424】また、本発明は屈折率異方性を有する光学媒体を用いて三次元的な層構造を有する回折光学素子とこれを液晶素子と組み合わせる構成した画像表示装置及び照明装置に関するものである。屈折率異方性を有する光学媒体を用いることで特定の偏波成分に対しては透過し、これと直交する偏波成分に対しては回折といった偏光方向による選択性を有している。更に、三次元的な層構造から形成されているため特定の方向に対しての回折効率が極めて高く、理論的には100%の回折効率を達成することが可能となる。このように優れた偏光分離及び回折効率特性を同時に合わせて有している回折光学素子と液晶素子を組み合わせる構成した画像表示装置を構成した。このため、シースルー型のディスプレイや外部光及び内部光源との併用タイプのディスプレイ等を実現することができ、高機能化と共に低消費電力化、コンパクト性を有するものである。また、これらの画像表示装置と拡大光学系とを組み合わせる構成すれば携帯情報端末用のマイクロディスプレイとしての利用も期待できる。更に、画像表示装置と照明装置との併用も可能である。以上のようにディスプレイや照明光学系への幅広い応用が可能であり、大きな価値を有するものである。

【0425】さらに、本発明は、屈折率異方性を有する光学媒体を用いて三次元的な層構造を有する回折光学素子の構成及びその製造方法に関するもので、屈折率異方性を有する光学媒体を用いることで特定の偏波成分に対しては透過し、これと直交する偏波成分に対しては回折といった偏光方向による選択性を有している。

【0426】更に、三次元的な層構造から形成されているため特定の方向に対しての回折効率が極めて高く、理論的には100%の回折効率を達成することが可能となる。

【0427】このように、優れた偏光分離及び回折効率特性を同時に合わせて有しているため、光信号の書き込み及び記録を行う光情報処理装置を始め、ディスプレイ等の照明光学系における偏光分離素子等への幅広い応用が可能であり、大きな価値を有するものである。

【図面の簡単な説明】

【図1】 従来の直視型の液晶表示装置の構成図である。

【図2】 従来の光スイッチの構成及び各領域の屈折率を示す図である。

【図3】 (a)は斜めの入射光に対する従来の光スイッチの機能及び各領域の屈折率を示す図である。(b)は斜めに入射する光束の屈折率異方性を表す屈折率楕円の構成図である。

【図4】 従来の偏光照明装置の構成図である。

【図5】 従来の他の偏光照明装置の構成図である。

【図6】 従来の投射型画像表示装置の構成図である。

【図7】 従来の投射型画像表示装置に用いるインテグレータを示す構成図である。

【図8】 従来の投射型画像表示装置に用いる偏光変換素子を示す構成図である。

【図9】 従来の液晶表示装置の構成図である。

【図10】 実施の形態1で構成したホログラム素子の構成及び液晶分子の配列、及び各領域の屈折率を示す図である。

【図11】 実施の形態1で構成したホログラム素子の斜めに入射する光束に対する機能及び各領域の屈折率を示す図である。

【図12】 実施の形態1で構成した他のホログラム素子の構成及び液晶分子の配列、及び各領域の屈折率を示す図である。

【図13】 実施の形態2-1で構成した偏光分離素子の構成図である。

【図14】 実施の形態2-1で用いた回折光学素子の製造プロセスにおける液晶の配向状態を表した平面図である。

【図15】 実施の形態2-1で用いた回折光学素子の製造プロセスにおける液晶の配向状態及び、入力される干渉縞の強度分布を表した模式図である。

【図16】 実施の形態2-1で用いた回折光学素子における液晶の配向状態を表した模式図である。

【図17】 実施の形態2-1で用いた回折光学素子の回折効率を表した図である。

【図18】 実施の形態2-1で用いた回折光学素子の内部構成の一例を示す断面図である。

【図19】 実施の形態2-1で用いた回折光学素子の角度及び波長依存性の一例を示す図である。

【図20】 実施の形態2-2の、回折光学素子を用いた偏光分離素子の構成図である。

【図21】 実施の形態3-1の、回折光学素子を用い

た偏光照明装置の構成図である。

【図22】 実施の形態3-2の、回折光学素子を用いた偏光照明装置の構成図である。

【図23】 実施の形態3-3の、回折光学素子を用いた偏光照明装置の構成図である。

【図24】 実施の形態3-4の、回折光学素子を用いた偏光照明装置の構成図である。

【図25】 実施の形態3-5の、回折光学素子を用いた偏光照明装置の構成図である。

【図26】 実施の形態3-6の、回折光学素子を用いた偏光照明装置の構成図である。

【図27】 実施の形態4-1の、ホログラム素子を用いた画像表示装置の構成図である。

【図28】 実施の形態4-2の、透過型のカラー表示タイプの投射型画像表示装置の一実施の形態を示す構成図である。

【図29】 実施の形態4-3の、反射型のカラー表示タイプの投射型画像表示装置の一実施の形態を示す構成図である。

【図30】 実施の形態5-1の、回折光学素子を用いた画像表示装置の構成図である。

【図31】 実施の形態5-2の、回折光学素子を用いた画像表示装置の構成図である。

【図32】 実施の形態5-3の、回折光学素子を用いた反射型の画像表示装置の構成図である。

【図33】 実施の形態5-4の、回折光学素子を用いたバックライト併用の反射型の画像表示装置の構成図である。

【図34】 実施の形態5-5の、回折光学素子を用いた画像表示装置の構成図である。

【図35】 実施の形態5-8の、回折光学素子を用いた画像表示装置及び照明装置の構成図である。

【図36】 実施の形態5-9の、回折光学素子を用いた画像表示装置の構成図である。

【図37】 実施の形態5-10の、回折光学素子を用いた小型画像表示装置の構成図である。

【図38】 実施の形態6の、ホログラム素子を用いた画像表示装置の構成図である。

【図39】 実施の形態6の画像表示装置に用いられるホログラム素子の構成図である。

【図40】 実施の形態8-1の、回折光学素子を用いた光情報処理装置の構成図である。

【図41】 一軸性の光学媒体の屈折率楕円体に基づく屈折率変調の一例を示す図である。

【図42】 実施の形態8-2の回折光学素子の製造方法の光学系を示す図である。

【符号の説明】

501 ITO

502 ガラス基板

503、504 領域

503a、504a 液晶分子

504 領域

504a 液晶分子

510 偏光分離素子

511、512 ホログラム素子

512 ホログラム素子

513、514 ガラス基板

515 UV硬化型液晶

515a 液晶分子

515b 液晶分子

521 ホログラム素子

522 光学媒体

530 偏光分離素子

531 全反射ミラー

532 ホログラム素子

533 ランプ

534 リフレクタ

540 偏光変換素子

541 インテグレータ

542 レンズ群

542a レンズ

543 レンズ群

543a レンズ

544 位相差板

545 集光レンズ

546 フィールドレンズ

547 画像表示素子

550 偏光変換素子

551 ホログラム素子

552 位相差板

560 偏光変換素子

561、562 ホログラム素子

562 ホログラム素子

563 位相差板

570 偏光変換素子

571 レンズ群

571a レンズ

572、573 ホログラム素子

574 位相差板

575 集光レンズ

576 フィールドレンズ

577 画像表示素子

578 投射レンズ

579 スクリーン

590 偏光変換素子

600 投射型画像表示装置

601 偏光照明装置

602 投射レンズ

610 色分解系要素

611 ダイクロイックプリズム

612～614 全反射ミラー  
 620 色合成系要素  
 621～623 全反射ミラー  
 624～626 画像表示素子  
 627 ダイクロイックプリズム  
 628 投射レンズ  
 629 スクリーン  
 630 色合成系要素  
 631～633 偏光ビームスプリッタ  
 634～636 画像表示素子  
 637 ダイクロイックミラー  
 701 液晶素子  
 702, 703 ホログラム素子  
 704 光源  
 704a ランプ  
 704b リフレクタ  
 710 外部光  
 711 ミラー  
 720 液晶素子  
 721 カラーフィルタ  
 731 画像表示装置  
 732 壁面  
 733 車両  
 741, 742 回折光学素子  
 741～744 ホログラム素子  
 745, 746 位相差板  
 751 ホログラム素子  
 752 回折光学素子  
 753 板  
 754 拡大光学系  
 819 透過型液晶パネル  
 820 ホログラム素子  
 821 導光体  
 822 光束  
 824 光束  
 825 反射鏡  
 826 反射ミラー  
 828 常光線  
 829 反射光束  
 901 半導体レーザ  
 902 光検出器  
 904 結像レンズ  
 905 液晶素子  
 906 光記憶媒体  
 907 観察者  
 911 レーザ  
 912 シャッタ  
 913 ビームエキスパンダ  
 914 ビームスプリッタ  
 916 ミラー

## 【手続補正3】

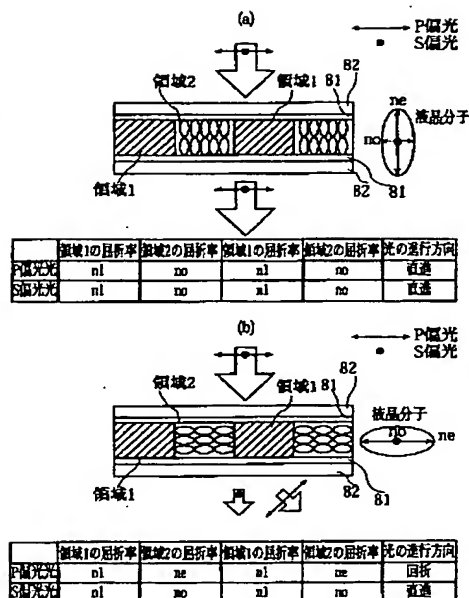
【補正対象書類名】図面

【補正対象項目名】図2

【補正方法】変更

【補正内容】

【図2】



## 【手続補正4】

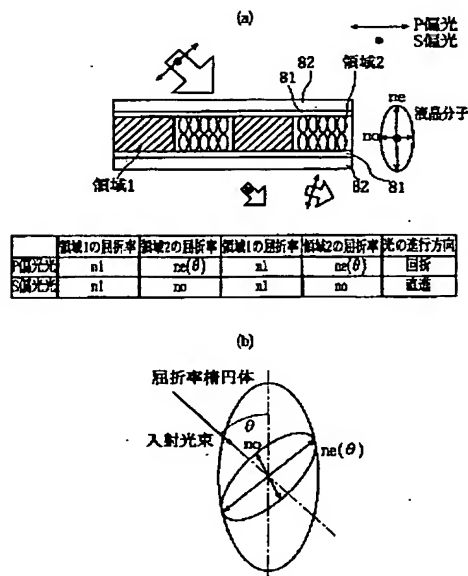
【補正対象書類名】図面

【補正対象項目名】図3

【補正方法】変更

【補正内容】

【図3】



## 【手続補正5】

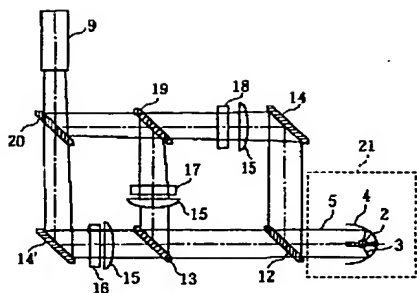
【補正対象書類名】図面

【補正対象項目名】図6

【補正方法】変更

【補正内容】

【図 6】



【手續補正 6】

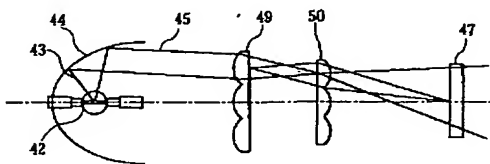
【補正対象書類名】図面

【補正対象項目名】 図 7

【補正方法】変更

【補正内容】

【图7】



【手續補正 7】

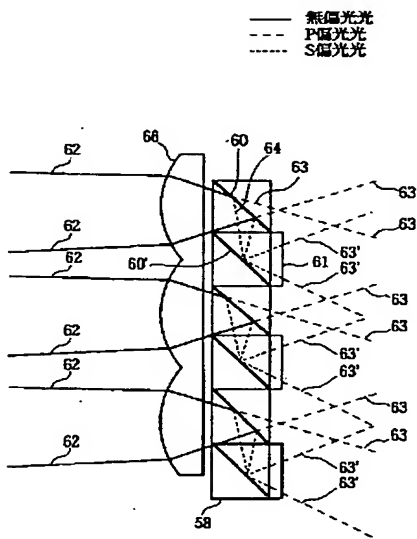
【補正対象書類名】 図面

【補正対象項目名】 図 8

【補正方法】 変更

【補正内容】

【图 8】



【手續補正 8】

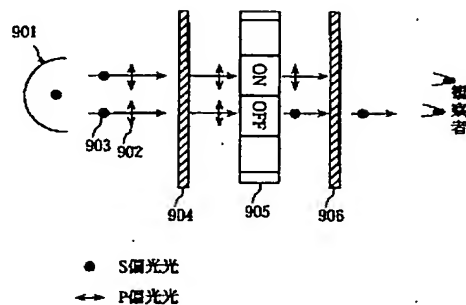
【補正対象書類名】図面

【補正対象項目名】 図 9

【補正方法】 変更

【補正内容】

【图9】



【手續補正 9】

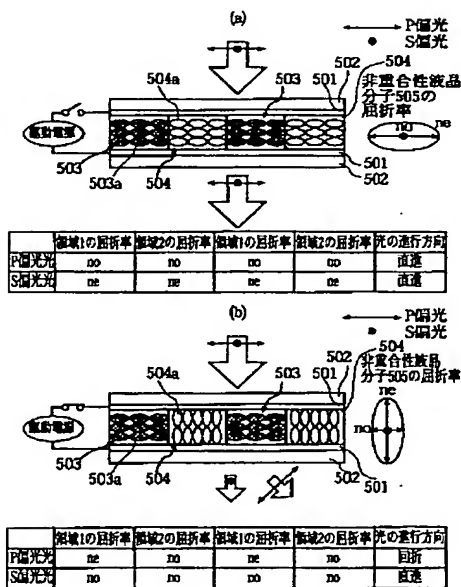
【補正対象書類名】 図面

【補正対象項目名】図10

【補正方法】変更

【補正内容】

【図 10】



【手続補正 10】

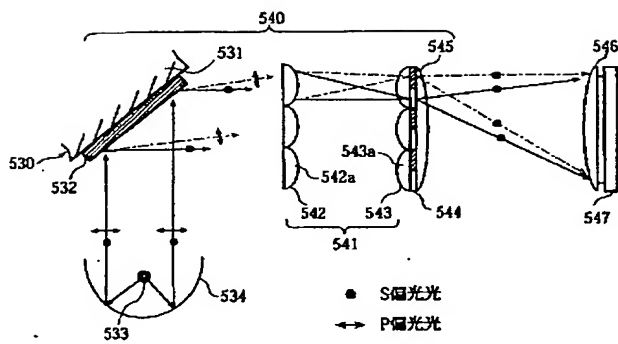
【補正対象書類名】 図面

【補正対象項目名】図21

【補正方法】 変更

【補正内容】

【图 2 1】



【手続補正 1 1】

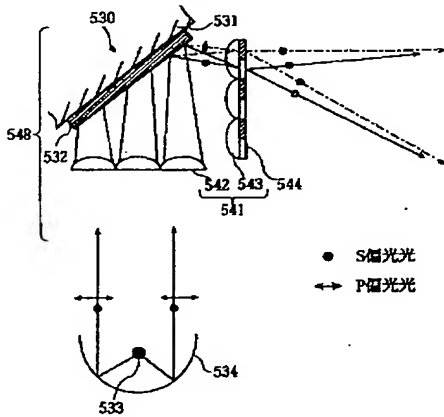
【補正対象書類名】図面

【補正対象項目名】図 2 2

【補正方法】変更

【補正内容】

【図 2 2】

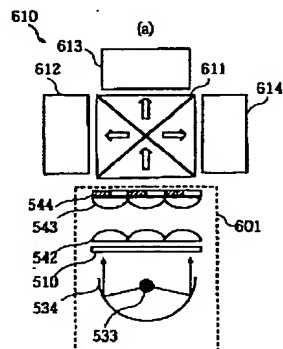


【手続補正 1 2】

【補正対象書類名】図面

【補正対象項目名】図 2 5

【補正方法】変更



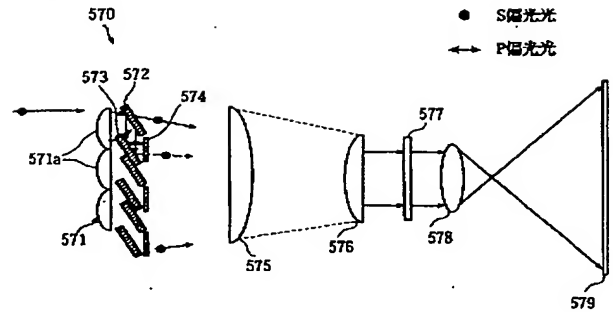
【手続補正 1 5】

【補正対象書類名】図面

【補正対象項目名】図 2 9

【補正内容】

【図 2 5】



【手続補正 1 3】

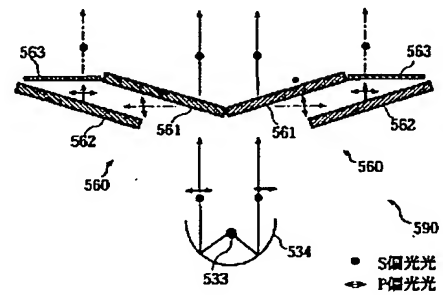
【補正対象書類名】図面

【補正対象項目名】図 2 6

【補正方法】変更

【補正内容】

【図 2 6】



【手続補正 1 4】

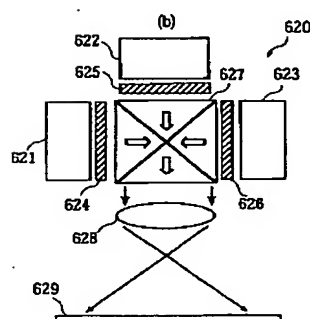
【補正対象書類名】図面

【補正対象項目名】図 2 8

【補正方法】変更

【補正内容】

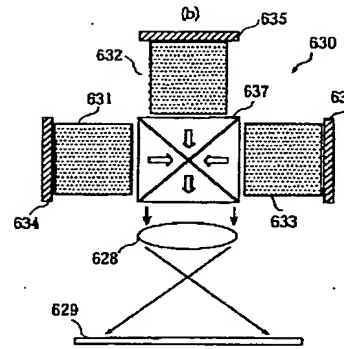
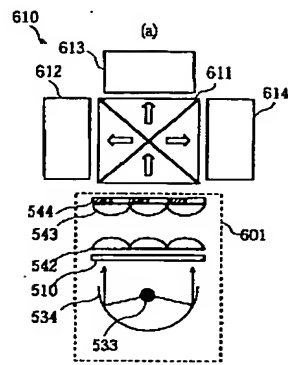
【図 2 8】



【補正方法】変更

【補正内容】

【図 2 9】



【手続補正 1 6】

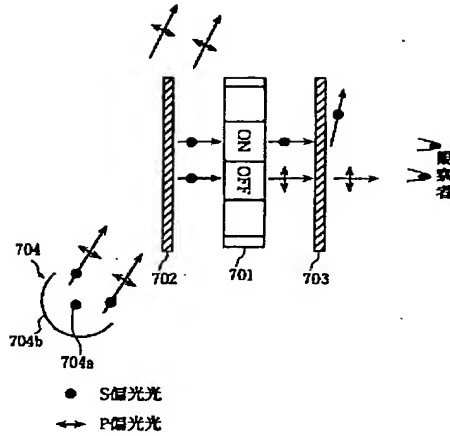
【補正対象書類名】図面

【補正対象項目名】図 3 1

【補正方法】変更

【補正内容】

【図 3 1】



【手続補正 1 7】

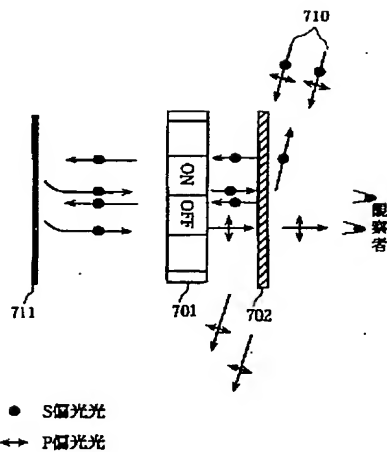
【補正対象書類名】図面

【補正対象項目名】図 3 2

【補正方法】変更

【補正内容】

【図 3 2】



【手続補正 1 8】

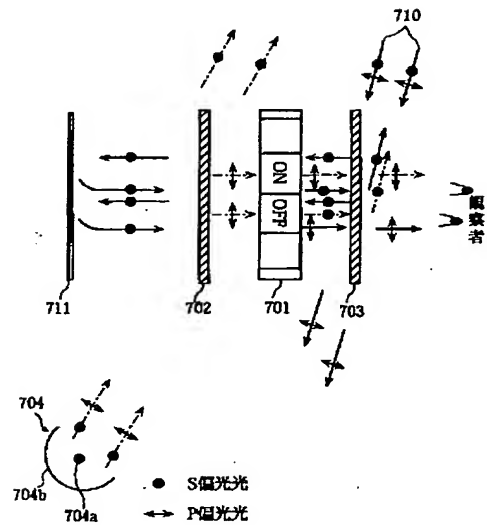
【補正対象書類名】図面

【補正対象項目名】図 3 3

【補正方法】変更

【補正内容】

【図 3 3】



【手続補正 1 9】

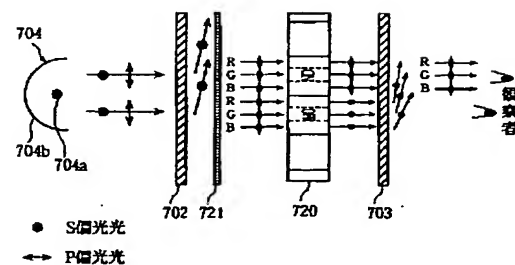
【補正対象書類名】図面

【補正対象項目名】図 3 4

【補正方法】変更

【補正内容】

【図 3 4】





【手続補正 20】

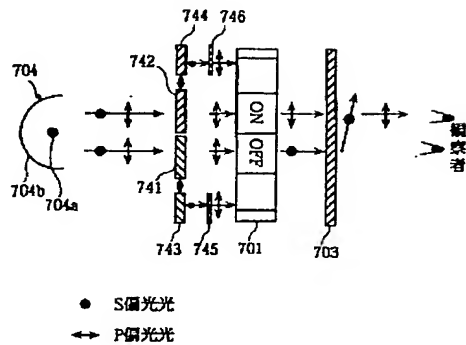
【補正対象書類名】図面

【補正対象項目名】図 3 6

【補正方法】変更

【補正内容】

【図 3 6】



【手続補正 21】

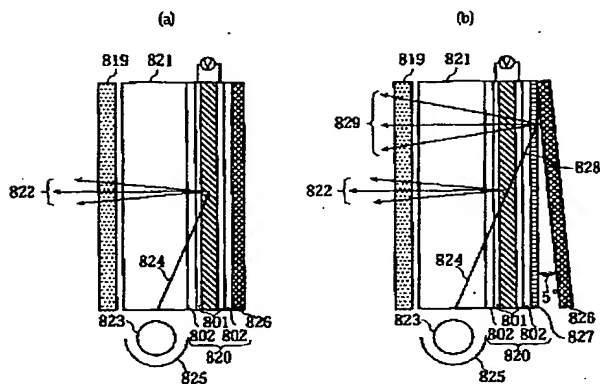
【補正対象書類名】図面

【補正対象項目名】図 3 8

【補正方法】変更

【補正内容】

【図 3 8】



【手続補正 22】

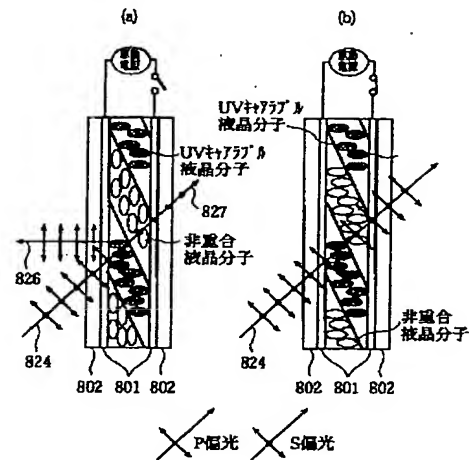
【補正対象書類名】図面

【補正対象項目名】図 3 9

【補正方法】変更

【補正内容】

【図 3 9】



【手続補正 23】

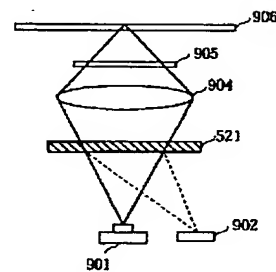
【補正対象書類名】図面

【補正対象項目名】図 4 0

【補正方法】変更

【補正内容】

【図 4 0】



フロントページの続き

(51) Int. Cl. 6

識別記号

G 0 9 F 19/12

G 1 1 B 7/135

F I

G 0 9 F 19/12

L

G 1 1 B 7/135

A

(31) 優先権主張番号 特願平9-335352

(32) 優先日 平 9 (1997) 12月 5 日

(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(31) 優先権主張番号 特願平10-10215

(32) 優先日 平10(1998) 1月22日

(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(31) 優先権主張番号 特願平10-10195

(32) 優先日 平10(1998) 1月22日

(33) 優先権主張国 日本 (J P)

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 11-271536

(43)Date of publication of application : 08.10.1999

(51)Int.Cl.

G02B 5/32  
G02B 5/18  
G02B 5/30  
G02F 1/1333  
G02F 1/1335  
G09F 19/12  
G11B 7/135

(21)Application number : 10-314081

(71)Applicant : MATSUSHITA ELECTRIC IND CO LTD

(22)Date of filing : 16.10.1998

(72)Inventor : OGIWARA AKIFUMI  
KURATOMI YASUNORI

(30)Priority

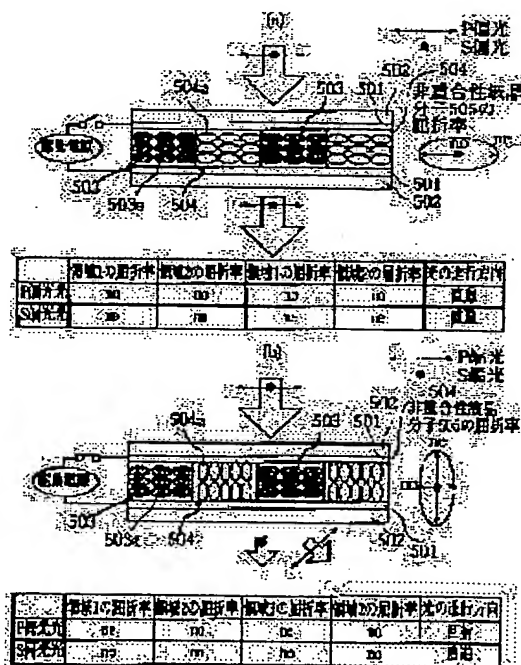
Priority number : 09283330	Priority date : 16.10.1997	Priority country : JP
09319340	20.11.1997	
09327769	28.11.1997	JP
09335352	05.12.1997	
10 10195	22.01.1998	JP
10 10215	22.01.1998	
		JP
		JP
		JP

(54) IMAGE DISPLAY DEVICE, POLARIZED-LIGHT ILLUMINATION DEVICE, POLARIZED LIGHT SEPARATING ELEMENT, DIFFRACTION OPTICAL ELEMENT, HOLOGRAM ELEMENT, AND MANUFACTURE OF DIFFRACTION OPTICAL ELEMENT AND HOLOGRAM ELEMENT

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To obtain the hologram element which can perform switching between the diffraction and straight travel of incident light and diffracts small an extraordinary light beam made obliquely incident in the straight travel by equalizing the refractive indexes of photocuring liquid crystal having set and nonpolymerizing liquid crystal to an ordinary light beam and an extraordinary light beam.

SOLUTION: An area 503 which contains UV curing liquid crystal molecules 503a and an area 504 which contains nonpolymerizing liquid crystal molecules 504a are formed between two glass substrates 502 where conductive transparent electrodes (ITO) 501 are formed. While no voltage is applied between the ITOs 501, the area 503 (after setting) and area 504 are nearly equal in optical anisotropy. They function as a hologram element by applying a voltage between the ITOs 501 to diffract only a P-polarized light (extraordinary light beam) selectively and allow a S-polarized light (ordinary light beam) to travel straight. In the absence of the applied voltage, both the P- and S-polarized light beams travel straight and also securely travel straight even when made incident obliquely.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 06.03.2000

[Date of sending the examiner's decision of rejection] 21.10.2003

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

## \* NOTICES \*

JPO and NCIP are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

## CLAIMS

## [Claim(s)]

[Claim 1] It has two or more fields where the presentations of an ingredient differ. Said two or more fields The 1st field which consists of photo-curing mold liquid crystal which hardens with specific wavelength at least, and has a refractive-index anisotropy. It is formed from the 2nd field which consists of liquid crystal [ \*\*\*\* / un- ] (it is hereafter written as non-polymerization nature liquid crystal) with this wavelength. The hologram component which carries out abbreviation etc. to the refractive index to the ordinary ray after hardening of said photo-curing mold liquid crystal, a refractive index [ as opposed to the ordinary ray of said non-polymerization nature liquid crystal in the refractive index to an extraordinary ray ], and the refractive index to an extraordinary ray respectively, is, and is characterized by things.

[Claim 2] The hologram component according to claim 1 characterized by controlling the refractive index of the 2nd field to the extraordinary ray which carries out incidence by controlling the switching condition of non-polymerization nature liquid crystal with the applied voltage to said non-polymerization nature liquid crystal.

[Claim 3] The manufacture approach of the hologram component according to claim 1 characterized by forming said two or more fields by pouring in the liquid crystal mixture with which make abbreviation homogeneity come to mix said photo-curing mold liquid crystal and said non-polymerization nature liquid crystal between two parallel plate-like glass substrates which prepared specific spacing and have been arranged, and carrying out interference exposure of said poured - in liquid crystal mixture by the laser beam of wavelength which makes said photo-curing mold liquid crystal harden.

[Claim 4] The image display device characterized by providing a lighting means to illuminate a hologram component according to claim 1 or 2 and said hologram component at least, and an image display means to display an image in modulating the output flux of light of said hologram component.

[Claim 5] Said hologram component is an image display device according to claim 4 characterized by making only the angle of emergence of a specific polarization component change alternatively out of the incoming beams which did not polarize.

[Claim 6] Said hologram component is an image display device according to claim 4 which has the function to make a specific polarization component (for it to be hereafter written as the 1st polarization component) diffract in the direction of an abbreviation normal of said image display means in the incident light from said lighting means, and is characterized by said hologram component controlling said function by controlling the applied voltage to said 2nd field.

[Claim 7] The image display device according to claim 4 which the direction where the electric field vector of the 1st [ said ] polarization component of which said image display means has the function which modulates only a specific polarization component (it is hereafter written as the 2nd polarization component), and is alternatively diffracted by said hologram component, and said 2nd polarization component vibrates is in abbreviation etc. by carrying out, and is characterized by things.

[Claim 8] It is the image display device according to claim 4 which equips the rear face of said hologram component with  $\lambda/4$  wavelength plate and the reflective mirror, and is characterized by the installation include angle of said reflective mirror being at least 5 degrees or more to said hologram component.

[Claim 9] The image display device which has the microcell structure surrounded with the photo-curing mold liquid crystal hardened for every pixel at least, and possesses non-polymerization nature liquid crystal in said microcell, and carries out abbreviation etc. to the refractive index to the ordinary ray after hardening of said photo-curing mold liquid crystal, a refractive index [ as opposed to the ordinary ray of said non-polymerization nature liquid crystal in the refractive index to an extraordinary ray ], and the refractive index to an extraordinary ray respectively, is, and is characterized by things.

[Claim 10] The incoming beams which have a polarization anisotropy to incoming beams, consist of the plate-like 1st which makes only the 1st polarization component diffract alternatively in general, and the 2nd hologram component at least, and carry out incidence to said 1st hologram component, and the angle  $\theta_0$  which an optical axis makes, The include angle  $\theta_1$  which the 1st output flux of light by which said incoming beams were diffracted by said 1st hologram component makes with an optical axis. The polarization separation component characterized by the include angle  $\theta_2$  which the 2nd flux of light by which said 1st output flux of light is diffracted by said 2nd hologram component after incidence, and is outputted to it makes with an optical axis satisfying  $|\theta_1 - \theta_2| > 20$  or  $|\theta_0 - \theta_2| < 15$  of a bottom type.

[Claim 11] Said polarization separation component is a polarization separation component according to claim 1 characterized by \*\*\*\* (ing) a hologram ingredient with a glass substrate and coming to be constituted.

[Claim 12] Said hologram ingredient is a polarization separation component according to claim 1 characterized by being UV hardening mold liquid crystal.

[Claim 13] The polarization separation component according to claim 1 characterized by said hologram ingredient being the mixture of the photopolymer and liquid crystal polymer which have sensibility to the wavelength of a specific region.

[Claim 14] It is the projection mold image display device equipped with the polarization mold image display means and a lighting means to illuminate said polarization mold image display means, at least. Said polarization mold image display means An image is displayed with modulating and outputting a specific polarization component to this polarization mold image display means in the illumination light from said lighting means which carries out incidence. Said lighting means The 1st condensing means which condenses the output flux of light of a luminescence means and said luminescence means at least. The integrator which consists of eye lenses of said polarization separation component and the 1st and 2nd flies which come to arrange two or more microlenses in the shape of an array to two-dimensional is provided. Said polarization separation component is arranged between the eye lens of the 1st fly, and the 1st condensing means. In incoming beams, make the 1st polarization component diffract and it outputs as said 2nd flux of light. It outputs as the 3rd flux of light, without diffracting in general the 2nd polarization component which has the polarization direction which intersects perpendicularly with the 1st polarization component. Each lens of the 1st microlens group which constitutes the eye lens of said 1st fly carries out image formation of the image of a luminescence means to the microlens which corresponds in the 2nd microlens group

which constitutes the eye lens of the 2nd fly. And the projection mold image display device characterized by providing a plane-of-polarization rotation means to make the location as for which said the 2nd flux of light or 3rd flux of light carries out image formation rotate the polarization direction 90 degrees of abbreviation.

[Claim 15] It is arranged mutual almost in parallel and has the plate-like 1st which makes a respectively mutual almost equal predetermined polarization component diffract alternatively, and the 2nd hologram component. The diffracted-light bundle which carries out incidence to the hologram component of the above 1st, and the hologram component of the above 1st and the above 2nd diffracts, and carries out outgoing radiation from the hologram component of the above 2nd. While the include angle with the transmitted light flux which carries out incidence to the hologram component of the above 1st, penetrates the hologram component of the above 1st and the above 2nd, and carries out outgoing radiation from the hologram component of the above 2nd to make exceeds 0 degree and being less than 15 degrees Incidence is carried out to the hologram component of the above 1st, and it can set to the flux of light diffracted by the above 1st and the 2nd hologram component. The polarization separation component to which the include angle of the flux of light which carries out incidence to each hologram component, and the flux of light diffracted by each hologram component to make is characterized by exceeding 20 degrees, respectively.

[Claim 16] It is the polarization separation component characterized by being the polarization separation component of claim 1, arranging a hologram ingredient and constituting the above 1st and the 2nd hologram component among one pair of glass substrates.

[Claim 17] It is the polarization separation component which is a polarization separation component of claim 2 and is characterized by ultraviolet curing mold liquid crystal coming to harden the above-mentioned hologram ingredient.

[Claim 18] It is the polarization separation component which is a polarization separation component of claim 2 and is characterized by the mixture of the photopolymer and liquid crystal polymer which have hardenability to the exposure of the light of the wavelength of a predetermined field coming to harden the above-mentioned hologram ingredient.

[Claim 19] The polarization separation component which changes the optical path of the polarization component of a mutually different direction in the flux of light which carried out incidence to the luminescence means. A condensing means to make the 1st and 2nd locations mutually different, respectively condense the above-mentioned diffracted-light bundle which carries out outgoing radiation from the above-mentioned polarization separation means, and transmitted light flux. It is the image display device equipped with a plane-of-polarization rotation means to rotate the polarization direction of the polarization component which carried out incidence to either of the 1st and 2nd locations of the above. The above-mentioned polarization separation means It is arranged mutual almost in parallel and has the plate-like 1st which makes a respectively mutual almost equal predetermined polarization component diffract alternatively, and the 2nd hologram component. The diffracted-light bundle which carries out incidence to the hologram component of the above 1st, and the hologram component of the above 1st and the above 2nd diffracts, and carries out outgoing radiation from the hologram component of the above 2nd. While the include angle with the transmitted light flux which carries out incidence to the hologram component of the above 1st, penetrates the hologram component of the above 1st and the above 2nd, and carries out outgoing radiation from the hologram component of the above 2nd to make exceeds 0 degree and being less than 15 degrees Incidence is carried out to the hologram component of the above 1st, and it can set to the flux of light diffracted by the above 1st and the 2nd hologram component. The polarization separation component characterized by the include angle of the flux of light which carries out incidence to each hologram component, and the flux of light diffracted by each hologram component to make being what exceeds 20 degrees, respectively.

[Claim 20] It is the image display device which is an image display device of claim 5, is equipped with the integrator which carries out image formation of the image of the above-mentioned luminescence means to the corresponding microlens in the microlens from which each microlens which constitutes the eye lens of the 1st fly of the above constitutes the eye lens of the 2nd fly of the above while having the eye lens of the 1st and 2nd flies which two or more microlenses are arranged further, respectively, and change, and is characterized by for the above-mentioned condensing means to be the eye lens of the 1st fly of the above-mentioned integrator.

[Claim 21] It is the image display device characterized by being the image display device of claim 5, and for the above-mentioned diffracted-light bundle and the above-mentioned transmitted light flux being the flux of lights the flux of lights and the polarization direction cross at right angles mutually, and the above-mentioned plane-of-polarization rotation means rotating about 90 degrees of the polarization directions of the flux of light which carried out incidence.

[Claim 22] The total reflection mirror adjoined and arranged at the diffracted-light study component and this which have the light source and a refractive-index anisotropy is provided at least. The polarization component (a P wave or S wave) of the one direction of the outgoing radiation light from said light source Penetrate said diffracted-light study component, it is reflected by said reflective mirror, and outgoing radiation of said diffracted-light study component is passed and carried out again. When the component (an S wave or P wave) which intersects perpendicularly in general to said outgoing radiation light changes and carries out outgoing radiation of the propagation direction according to a diffraction operation of said diffracted-light study component, The polarization lighting system characterized by forming the predetermined wave front of said diffracted-light study component so that outgoing radiation include angles in general the same the propagation direction of the diffracted wave from said diffracted-light study component and the reflected wave from said total reflection mirror and relative may differ.

[Claim 23] In order to rotate in general the polarization direction of the reflected light from the total reflection mirror adjoined and arranged at the diffracted-light study component and this which have the light source and a refractive-index anisotropy, and said total reflection mirror in the direction of a right angle to the polarization direction of the light at the time of outgoing radiation, The phase plate arranged in the optical path to a diffracted-light study component is provided at least. The polarization component (a P wave or S wave) of the one direction of the outgoing radiation light from said light source Penetrate said diffracted-light study component, it is reflected by said reflective mirror, and outgoing radiation of said phase plate and said diffracted-light study component is passed and carried out. When the component (an S wave or P wave) which intersects perpendicularly in general to said outgoing radiation light changes and carries out outgoing radiation of the propagation direction according to a diffraction operation of said diffracted-light study component, The polarization lighting system characterized by forming the predetermined wave front of said diffracted-light study component so that the propagation direction of the diffracted wave from said diffracted-light study component and the reflected wave from said total reflection mirror may serve as the abbreviation parallel flux of light in general equally.

[Claim 24] The polarization lighting system according to claim 2 with which it is reflected by the diffracted wave and said total reflection mirror from said diffracted-light study component, and the polarization direction with the light wave which carried out outgoing radiation is characterized by the thing equal in general.

[Claim 25] Said diffracted-light study component is a polarization lighting system according to claim 2 characterized by penetrating in general the light wave which was reflected by said total reflection mirror and passed the phase plate.

[Claim 26] The phase plate for rotating in general the polarization direction of the light wave which carries out incidence to the light source and 1 set of diffracted-light study components which have a refractive-index anisotropy in the direction of a right angle is used as a component at least. Carry out incidence of the outgoing radiation light from said light source to one diffracted-light study component, and it is penetrated or diffracted by every polarization component (a P wave or S wave). In the configuration which carries

out incidence of the diffracted wave to the diffracted-light study component of another side, and it is further diffracted and carries out outgoing radiation and by which the phase plate has been arranged in 1 set of optical paths of either the transmitted wave of a diffracted-light study component, or a diffracted wave. The polarization lighting system characterized by arranging 1 set of diffracted-light study components so that the flux of light after 1 set of diffracted-light study components penetrated or diffracted may turn into the abbreviation parallel flux of light.

[Claim 27] The polarization lighting system according to claim 5 with which plane of incidence of the light wave of 1 set of said diffracted-light study components is characterized by the angle of inclination of 1 set of said diffracted-light study components being 45 degrees or less to a mutual in general parallel and field perpendicular to the optical axis of the outgoing radiation light from said light source.

[Claim 28] The polarization lighting system according to claim 5 with which the polarization direction of the abbreviation parallel flux of light by which outgoing radiation was carried out from said 1 set of diffracted-light study components is characterized by the thing equal in general.

[Claim 29] The group of the diffracted-light study component which penetrates or diffracts the outgoing radiation light from the light source for every polarization component (a P wave or S wave), and another diffracted-light study component which diffracts said diffracted wave further. The polarization lighting system characterized by for more than one adjoining, and locating in a line the configuration unit which consists of said 1 set of diffracted-light study components and phase plate, and arranging it when the phase plate arranged in said 1 set of optical paths of either the transmitted wave of a diffracted-light study component or a diffracted wave is one configuration unit.

[Claim 30] The polarization lighting system according to claim 8 which the flux of light by which outgoing radiation was carried out from said two or more configuration units is the abbreviation parallel flux of light, and is characterized by the polarization direction having gathered in general.

[Claim 31] Said phase plate is a polarization lighting system according to claim 8 characterized by having the function to rotate in general the polarization direction of the light wave which carries out incidence in the direction of a right angle.

[Claim 32] The polarization lighting system according to claim 8 with which plane of incidence of the light wave of 1 set of said diffracted-light study components which form said two or more configuration units is characterized by the angle of inclination of 1 set of said diffracted-light study components being 45 degrees or less to a mutual in general parallel and field perpendicular to the optical axis of the outgoing radiation light from said light source.

[Claim 33] Periodic structure is formed using the optical medium by which said diffracted-light study component has a refractive-index anisotropy. The refractive-index distribution corresponding to said periodic structure is produced to the polarization component (a P wave or S wave) of the one direction of incident light. A polarization lighting system given in either of claims 1, 2, 5, and 8 characterized by having the function which goes straight on preferentially to the component (an S wave or P wave) which produces the diffraction of light according to this refractive-index difference, and intersects perpendicularly in general to said incident light.

[Claim 34] The polarization lighting system according to claim 12 characterized by forming the periodic structure of said diffracted-light study component of the inclination of the optical axis of the optical medium which has a refractive-index anisotropy.

[Claim 35] The polarization lighting system according to claim 12 characterized by constituting said diffracted-light study component including the liquid crystal arranged uniformly, and adding a photopolymerization nature monomer or the liquid crystal polymer for which a bridge can be constructed [ optical ], and fixing the molecule shaft orientation of liquid crystal to the optical exposure of an ultraviolet region.

[Claim 36] Said diffracted-light study component is a polarization lighting system given in either of claims 1, 2, 5, and 8 characterized by including the structure where two or more different periodic structures were formed by superimposing.

[Claim 37] Said diffracted-light study component is a polarization lighting system given in either of claims 1, 2, 5, and 8 characterized by including the laminated structure of the diffracted-light study component of the periodic structure from which plurality differed.

[Claim 38] The projection mold display characterized by constituting the optical image on the 1st lens array constituted by the polarization lighting system of a publication by arranging two or more lenses at either of claims 1, 2, 5, and 8, said 1st lens array, the 2nd lens array which makes a pair, a light valve, and said light valve, combining at least the projection optical system which carries out expansion projection.

[Claim 39] The color of the flux of light from the light source is separated into the flux of light which is three from which the wavelength corresponding to R (red), G (green), and B (blue) differs in general. The polarization lighting system of a publication is constituted in either of claims 1, 2, 5, and 8 using the diffracted-light study component which has a different formation wave front to the flux of light from which said wavelength differs. The projection mold display characterized by constituting the optical image on the 1st lens array constituted by this by arranging two or more lenses, said 1st lens array, the 2nd lens array which makes a pair, a light valve, and said light valve, combining at least the projection optical system which carries out expansion projection.

[Claim 40] It is constituted including the liquid crystal device which has the liquid crystal layer pinched with two transparence insulation substrates possessing the transparent conductive electrode by which patterning was carried out that the light source and a pixel should be formed which counter, and the diffracted-light study component arranged at the both sides of a liquid crystal device at least. One half carries out incidence to a liquid crystal device in general. incidence of the outgoing radiation light from the light source is carried out to one diffracted-light study component, and it is diffracted — having — the amount of incident light to said diffracted-light study component — The image display device characterized by performing image display according to the operation from which it becomes irregular for every pixel of said liquid crystal device, and the propagation direction of the light after passing the diffracted-light study component of another side differs according to said modulation factor.

[Claim 41] It is constituted including the mirror and diffracted-light study component which have been arranged at one side of the liquid crystal device which has the liquid crystal layer pinched with two transparence insulation substrates possessing the transparent conductive electrode by which patterning was carried out that a pixel should be formed which counter, and a liquid crystal device at least. The incident light to said diffracted-light study component by the extraneous light is diffracted, and said liquid crystal device is passed. The image display device characterized by performing image display according to the operation from which it becomes irregular for every pixel of a liquid crystal device by it being reflected by said mirror and passing a liquid crystal device again, and the propagation direction of the light after outgoing radiation differs said diffracted-light study component according to said modulation factor.

[Claim 42] It is constituted including the liquid crystal device which has the liquid crystal layer pinched with two transparence insulation substrates possessing the transparent conductive electrode by which patterning was carried out that the light source and a pixel should be formed which counter, the mirror arranged at one side of a liquid crystal device, and the diffracted-light study component arranged at the both sides of a liquid crystal device at least. One half carries out incidence to a liquid crystal device in general. incidence of the outgoing radiation light from the light source is carried out to one diffracted-light study component, and it is diffracted — having — the amount of incident light to said diffracted-light study component — Become irregular for every pixel of said liquid

crystal device, and image display is performed by the operation from which the propagation direction of the light after passing the diffracted-light study component of another side differs according to said modulation factor. Moreover, the incident light to said diffracted-light study component by the extraneous light is diffracted, and said liquid crystal device is passed. In the configuration to which image display is carried out according to the operation from which it becomes irregular for every pixel of a liquid crystal device by it being reflected by said mirror and passing a liquid crystal device again, and the propagation direction of the light after outgoing radiation differs said diffracted-light study component according to said modulation factor. The image display device characterized by switching alternatively said light source and extraneous light which have been arranged inside, and performing image display.

[Claim 43] Periodic structure is formed using the optical medium by which said diffracted-light study component has a refractive-index anisotropy. The refractive-index distribution corresponding to said periodic structure is produced to the polarization component (a P wave or S wave) of the one direction of incident light. The image display device according to claim 1 to 3 characterized by having the function which goes straight on preferentially to the component (an S wave or P wave) which produces the diffraction of light according to this refractive-index difference, and intersects perpendicularly in general to said incident light.

[Claim 44] It is the image display device according to claim 3 to 4 characterized by having the function which one side of said diffracted-light study component diffracts the P wave of the polarization component of incident light, it has the function which goes an S wave straight on preferentially, and another side of said diffracted-light study component diffracts an S wave, and goes a P wave straight on preferentially.

[Claim 45] The image display device according to claim 4 characterized by forming the periodic structure of said diffracted-light study component of the inclination of the optical axis of the optical medium which has a refractive-index anisotropy.

[Claim 46] The image display device according to claim 4 characterized by constituting said diffracted-light study component including the liquid crystal arranged uniformly, and adding a photopolymerization nature monomer or the liquid crystal polymer for which a bridge can be constructed [ optical ], and fixing the molecule shaft orientation of liquid crystal to the optical exposure of an ultraviolet region.

[Claim 47] The image display device according to claim 1 to 3 characterized by performing the modulation of the incident light to each pixel by controlling the electric field impressed to each pixel formed in said liquid crystal layer.

[Claim 48] Said diffracted-light study component is an image display device according to claim 1 to 3 characterized by including the structure where two or more different periodic structures were formed by superimposing.

[Claim 49] Said diffracted-light study component is an image display device according to claim 1 to 3 characterized by including the laminated structure of the diffracted-light study component of the periodic structure from which plurality differed.

[Claim 50] The image display device characterized by constituting combining the color filter which becomes one side of said liquid crystal device from red (R), green (G), and blue (B) in an image display device according to claim 1 to 3.

[Claim 51] The image display device and lighting system which divide the outgoing radiation light from said diffraction grating in the two directions in general, and are characterized by considering one side for another side as the configuration which uses as an object for illumination light for image display in an image display device given in either of claims 1, 3, and 10.

[Claim 52] The light source and a pixel It has a phase plate for rotating the polarization direction of the light wave which carries out incidence to the liquid crystal device which has the liquid crystal layer pinched with two transparence insulation substrates possessing the transparent conductive electrode by which patterning was carried out that it should form which counter, and the diffracted-light study component which has a refractive-index anisotropy in one liquid crystal device side in the direction of a right angle in general. Furthermore, it is constituted, including at least the diffracted-light study component which has the refractive-index anisotropy arranged at the another side side of a liquid crystal device. The outgoing radiation light from said light source is changed into a in general equal polarization component (a P wave or S wave) by said diffracted-light study component and phase plate, and carries out incidence to a liquid crystal device. The image display device characterized by performing image display according to the operation from which it becomes irregular for every pixel of said liquid crystal device, and the propagation direction of the light after passing the diffracted-light study component of another side differs according to said modulation factor.

[Claim 53] The small image display device characterized by constituting a small image display device, combining at least the expansion optical system which carries out the enlarged display of the optical image from said image display device at an image display device given in either of claims 1, 2, 3, 11, 12, and 13.

[Claim 54] The image display device characterized by to have one pair of 1st [ which makes the polarization component a component, and the polarization component and the polarization direction of predetermined / above-mentioned / cross at right angles penetrate ], and 2nd diffracted-light study components while it has been arranged at both-sides side of the liquid crystal device which modulates the polarization direction of the light which carried out incidence, and the above-mentioned liquid crystal device according to the electrical potential difference impressed, respectively and the predetermined polarization component was made to diffract alternatively.

[Claim 55] It is the image display device of claim 1. The diffracted-light study component of the above 1st While carrying out incidence of either the polarization component penetrated among the flux of lights which carry out incidence from the method side of outside or the polarization components which were diffracted to the above-mentioned liquid crystal device, the diffracted-light study component of the above 2nd The image display device characterized by being constituted so that the outgoing radiation of the polarization component which penetrates the diffracted-light study component of the above 2nd in the flux of light which carried out outgoing radiation from the above-mentioned liquid crystal device, and the polarization component diffracted by the above-mentioned diffracted-light study component may be made to carry out in the mutually different direction.

[Claim 56] It is the image display device characterized by being the image display device of claim 2, and being constituted so that incidence of the polarization component which penetrated the above-mentioned diffracted-light study component [ in / it has the light source further and / in the diffracted-light study component of the above 1st / the flux of light from the above-mentioned light source ] may be carried out to the above-mentioned liquid crystal device.

[Claim 57] It is the image display device which is an image display device of claim 2, is further equipped with the light source arranged in the direction of a normal of the diffracted-light study component of the above 1st, and is characterized by constituting the diffracted-light study component of the above 1st so that incidence of the polarization component which penetrated the above-mentioned diffracted-light study component in the flux of light from the above-mentioned light source may be carried out to the above-mentioned liquid crystal device.

[Claim 58] It is the image display device which is an image display device of claim 2, is equipped with the light source further arranged in the direction to which it inclined from [ of the diffracted-light study component of the above 1st ] the normal, and is characterized by constituting the diffracted-light study component of the above 1st so that incidence of the polarization component diffracted by the diffracted-light study component of the above 1st in the flux of light from the above-mentioned light source may be carried out to the above-mentioned liquid crystal device.

[Claim 59] The reflective means which was the image display device of claim 2, vacated predetermined spacing and was further formed in the way side outside the diffracted-light study component of the above 1st, It has the light source which carries out incidence of the



flux of light to the above-mentioned diffracted-light study means from the direction to which it inclined from the normal of the above-mentioned diffracted-light study component through spacing of the diffracted-light study component of the above 1st, and the above-mentioned reflective means. The polarization component diffracted by the diffracted-light study component of the above 1st in the flux of light which carries out incidence of the diffracted-light study component of the above 1st from the above-mentioned light source. And the image display device characterized by being constituted so that incidence of the polarization component which penetrates the diffracted-light study component of the above 1st which carries out incidence from the above-mentioned reflective means may be carried out to the above-mentioned liquid crystal device.

[Claim 60] The liquid crystal device which modulates the polarization direction of the light which carried out incidence according to the electrical potential difference impressed, The diffracted-light study component which makes the polarization component of the above-mentioned liquid crystal device a component, and the polarization component and the polarization direction of predetermined [ above-mentioned ] cross at right angles while it is arranged on the other hand at a field side and a predetermined polarization component is made to diffract alternatively penetrate, The image display device characterized by having having had the reflective means arranged at the another side side side of the above-mentioned liquid crystal device.

[Claim 61] Are the image display device of claim 1 thru/or claim 7, and periodic structure is formed using the optical medium by which said diffracted-light study component has a refractive-index anisotropy. The image display device characterized by having the function which goes straight on preferentially to the component which produces the refractive-index difference corresponding to said periodic structure to the polarization component of the either the P wave in incident light or the S waves, and produces the diffraction of light according to the above-mentioned refractive-index difference, and intersects perpendicularly in general to said incident light.

[Claim 62] It is the image display device characterized by having the function which it is the image display device of claim 1 thru/or claim 7, one side of said diffracted-light study component diffracts the P wave of the polarization component of incident light, it has the function which goes an S wave straight on preferentially, and another side of said diffracted-light study component diffracts an S wave, and goes a P wave straight on preferentially.

[Claim 63] The image display device characterized by being formed of the inclination of the optical axis of the optical medium by which it is the image display device of claim 8, and the periodic structure of said diffracted-light study component has a refractive-index anisotropy.

[Claim 64] The image display device characterized by being the image display device of claim 8, and being constituted including the liquid crystal with which said diffracted-light study component was arranged uniformly, and adding a photopolymerization nature monomer or the liquid crystal polymer for which a bridge can be constructed [ optical ], and fixing the molecule shaft orientation of liquid crystal to the optical exposure of an ultraviolet region.

[Claim 65] It is the image display device characterized by being the image display device of claim 1 thru/or claim 7, and said diffracted-light study component including the structure where two or more different periodic structures were formed by superimposing.

[Claim 66] It is the image display device characterized by being the image display device of claim 1 thru/or claim 7, and said diffracted-light study component containing the laminated structure of the diffracted-light study component of the periodic structure from which plurality differed.

[Claim 67] It is the image display device of claim 1 thru/or claim 7, and said liquid crystal device is the image display device characterized by \*\*\*\*\* equipped with the color filter with which red, green, and a blue field were formed in the side either further.

[Claim 68] The image display device characterized by having the expansion optical means which is the image display device of claim 1 thru/or claim 7, and carries out the enlarged display of the display image further.

[Claim 69] The light source and a pixel It has a phase plate for rotating the polarization direction of the light wave which carries out incidence to the liquid crystal device which has the liquid crystal layer pinched with two transparence insulation substrates possessing the transparent conductive electrode by which patterning was carried out that it should form which counter, and the diffracted-light study component which has a refractive-index anisotropy in one liquid crystal device side in the direction of a right angle in general. Furthermore, it is constituted, including at least the diffracted-light study component which has the refractive-index anisotropy arranged at the another side side of a liquid crystal device. The outgoing radiation light from said light source is changed into a in general equal polarization component (a P wave or S wave) by said diffracted-light study component and phase plate, and carries out incidence to a liquid crystal device. The image display device characterized by performing image display according to the operation from which it becomes irregular for every pixel of said liquid crystal device, and the propagation direction of the light after passing the diffracted-light study component of another side differs according to said modulation factor.

[Claim 70] The optical lens for converging the laser beam which carries out outgoing radiation from the laser which emits polarization, and said laser on an optical storage, The phase plate for rotating in general the polarization direction of a laser beam reflected by said optical storage in the direction of a right angle to the polarization direction of the light at the time of outgoing radiation, It is the diffracted-light study component used for the optical-information-processing equipment which uses as a component at least the photo detector for detecting the light diffracted with the diffracted-light study component which is arranged in the optical path of said reflected light, and generates a predetermined wave front, and said diffracted-light study component. Said diffracted-light study component is formed using the optical medium which has a refractive-index anisotropy. And the diffracted-light study component characterized by forming the predetermined wave front so that the rate of the quantity of light which is reflected by said optical storage and diffracted in the primary direction to the total quantity of light of the laser beam after penetrating said diffracted-light study component may become 1/2 or more in general.

[Claim 71] The diffracted-light study component according to claim 1 characterized by having the function made to go straight on preferentially to the component which has periodic structure in the thickness direction, produces the refractive-index distribution corresponding to said periodic structure to the polarization component of the one direction of incident light, and is made to produce the diffraction of light according to this refractive-index difference, and intersects perpendicularly to the polarization component of said incident light.

[Claim 72] The diffracted-light study component according to claim 2 characterized by being formed of the inclination of the optical axis of the optical medium by which it has periodic structure in the thickness direction, and said periodic structure has a refractive-index anisotropy.

[Claim 73] The diffracted-light study component according to claim 2 characterized by being constituted including the liquid crystal arranged uniformly, and adding a photopolymerization nature liquid crystal monomer or the liquid crystal polymer for which a bridge can be constructed [ optical ], and fixing the molecule shaft orientation of liquid crystal to the optical exposure of an ultraviolet region.

[Claim 74] The diffracted-light study component according to claim 1 characterized by the polarization direction of the synchrotron orbital radiation of the laser which carries out incidence to said diffracted-light study component being parallel or perpendicular to the optical axis of the optical medium which has a refractive-index anisotropy in general.

[Claim 75] The optical medium which has a refractive-index anisotropy is enclosed with the field across which it faced with the transparence insulation substrate possessing the transparent conductive electrode of two sheets which counters. It is the manufacture

approach of a diffracted-light study component of having the structure where the thin film with which orientation processing which consists of a macromolecule was performed was formed on said transparent conductive electrode. The light to which 2 \*\*\*\*s of ultraviolet wavelength regions were carried out is made to interfere on said diffracted-light study component. The first process which fixes the optical axis of the optical medium of the field which is made to produce the interference fringe which consists of the bright section and umbra corresponding to periodic intensity distribution, and belongs to the bright section of an interference fringe in the direction by which initial orientation was carried out. Where the optical axis of the optical medium of the field which impresses electric field to said transparent conductive inter-electrode one, and belongs to the umbra of said interference fringe is moved from the direction by which initial orientation was carried out. The manufacture approach of the diffracted-light study component characterized by including the second process which fixes the direction of an optical axis by performing the optical exposure of a uniform ultraviolet region all over said diffracted-light study component.

[Claim 76] The electric field impressed to said diffracted-light study component are the manufacture approaches of the diffracted-light study component according to claim 6 characterized by a positive electrode and a negative electrode consisting of alternating current electric field produced by turns.

[Claim 77] The optical medium which has a refractive-index anisotropy is enclosed with the field across which it faced with two transparence insulation substrates which counter. It is the manufacture approach of a diffracted-light study component of having the structure where the thin film with which orientation processing which consists of a macromolecule was performed was formed on said transparence insulation substrate. The light to which 2 \*\*\*\*s of ultraviolet wavelength regions were carried out is made to interfere on said diffracted-light study component. The first process which fixes the optical axis of the optical medium of the field which is made to produce the interference fringe which consists of the bright section and umbra corresponding to periodic intensity distribution, and belongs to the bright section of an interference fringe in the direction by which initial orientation was carried out. Where the optical axis of the optical medium of the field which impresses a field between said transparence insulation substrates, and belongs to the umbra of said interference fringe is moved from the direction by which initial orientation was carried out. The manufacture approach of the diffracted-light study component characterized by including the second process which fixes the direction of an optical axis by performing the optical exposure of a uniform ultraviolet region all over said diffracted-light study component.

[Claim 78] The optical medium which has a refractive-index anisotropy is enclosed with the field across which it faced with two transparence insulation substrates which counter. It is the manufacture approach of a diffracted-light study component of having the structure where the thin film which consists of a macromolecule was formed on the transparence insulation substrate. The light to which 2 \*\*\*\*s of the ultraviolet wavelength regions which have the polarization component of one direction were carried out is made to interfere on said diffracted-light study component. The first process which arranges and fixes the optical axis of the optical medium of the field which is made to produce the interference fringe which consists of the bright section and umbra corresponding to periodic intensity distribution, and belongs to the bright section of an interference fringe in the uniform direction for which it depends in the polarization direction of said polarization component. The manufacture approach of the diffracted-light study component characterized by including the second process which moves and fixes the direction of an optical axis of said optical medium from an initial valve position by performing the optical exposure of the uniform ultraviolet region which has the polarization direction in the direction which intersects perpendicularly in general to said polarization component all over said diffracted-light study component.

[Claim 79] The manufacture approach of a diffracted-light study component given in either of claims 6, 8, and 9 characterized by constituting the optical medium which has said refractive-index anisotropy including the liquid crystal arranged uniformly, and adding the photopolymerization nature liquid crystal monomer or the liquid crystal polymer for which a bridge can be constructed [ optical ].

[Claim 80] The interference fringe irradiated by said diffracted-light study component is the manufacture approach of a diffracted-light study component given in either of claims 6, 8, and 9 characterized by being the coherent high light source which consists of helium-Cd laser or Ar laser, and being the wavelength field of the range of 300 to 400nm.

[Claim 81] The manufacture approach of a diffracted-light study component given in either of claims 6, 8, and 9 characterized by performing formation of the periodic structure by the optical exposure to said diffracted-light study component two or more times for every field where said diffracted-light study component front face was divided.

[Claim 82] The manufacture approach of a diffracted-light study component given in either of claims 6, 8, and 9 characterized by overlapping periodic structure which is different in a diffracted-light study component by performing the optical exposure to said diffracted-light study component two or more times, and forming it.

---

[Translation done.]

## \* NOTICES \*

JP0 and NCIP1 are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.\*\*\* shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

---

DETAILED DESCRIPTION

---

## [Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention] This invention relates to the image display device constituted using the hologram component and this hologram component which change the wave front of incoming beams.

[0002] Moreover, it is constituted using the polarization separation component and it which divide incoming beams into a different polarization component, and is related with the projection mold image display device which projects and displays an image.

[0003] Moreover, it is related with the projection mold display which modulates the polarization light by which outgoing radiation was carried out from the polarization lighting system and polarization lighting system which obtain the uniform illumination light to which the polarization direction was equal using the polarization separation component with a light valve, and carries out the enlarged display of the image.

[0004] Moreover, it is related with the image display device used for a HUD and a road traffic indicator, or an information display for the monitor for image display, the indicating equipment for Personal Digital Assistants, the object for mount, or individual youths etc., and the lighting system for illumination light.

[0005] Moreover, it is related with the diffracted-light study component used for optical-information-processing equipment and it including an optical head, an optical pickup, etc. for performing record, read-out, etc. of information which are recorded on optical storages, such as an optical disk and a magneto-optic disk, using a laser beam.

[0006]

[Description of the Prior Art] First, the conventional hologram component is explained.

[0007] Development of a refreshable hologram component is prosperous in the wave front of the flux of light which formed the interference draft by making the 2 coherent flux of lights interfere in recent years, was made to record this interference draft on dichromated gelatin, a photopolymer, etc., and was recorded.

[0008] As an applicable field of a hologram component, there are optical information processing, such as interference measurement, a holographic optical element, and pattern recognition, a holographic display, etc. as indicated by bibliography, Toshihiro Kubota work, and "a guide to holography", for example.

[0009] In applying a hologram component to the field of image display, it not only displays a three-dimension image, but it considers various application.

[0010] Below, the example used for the (1) optical switch and (2) accepting-reality type liquid crystal panel is explained.

[0011] Then, an optical switch is explained first. for example, the field which consists of polymeric materials which illuminated the interference draft into the mixture of liquid crystal [ \*\*\*\* / un- ] on the wavelength of the polymeric materials hardened in JP,5-173196.A of the conventional example 1 with the wavelength of the flux of light in which an interference draft is made to form, and this flux of light, and were hardened by the so-called optical induction phase separation and the field which consist of liquid crystal [ \*\*\*\* / un- ] — forming — this — the optical switch which controls diffraction/rectilinear propagation of incoming beams by controlling liquid crystal [ \*\*\*\* / un- ] by applied voltage is indicated.

[0012] The same example is indicated as a hologram component which are indicated until now, for example, can control diffraction efficiency in an applied physics letter, the 64th volume, No. 9, 1074-1076 pages, and 1994 (it is hereafter written as the conventional example 2). [ many ]

[0013] If it is in this example, like the conventional example 1, the two-beam-interference draft of this wavelength is illuminated into the mixture of the polymeric materials hardened with specific wavelength, and the liquid crystal ingredient which is not hardened on this specific wavelength, and it is produced by forming the field where many these liquid crystal ingredients are respectively contained in a part with the strong optical reinforcement of an interference draft in polymeric materials at a part with the optical weak reinforcement of an interference draft.

[0014] Moreover, although it is unchangeable, the example of a large number including Japanese Patent Application No. No. (it is hereafter written as the conventional example 3) 162647 [ eight to ] and JP,9-324259,A (it is written as the Japanese-Patent-Application-No. less than No. 142533 [ eight to ] conventional example 4) is indicated as a hologram component formed using the optical induction phase separation by two-beam-interference exposure.

[0015] The hologram component produced using such an optical induction phase separation phenomenon for example, the collection of not only two-beam-interference exposure but liquid crystal debate'97 drafts — as indicated by 86 pages — 87 pages (it is hereafter written as the conventional example 5) After mixing the mixture of a liquid crystal ingredient with ultraviolet-rays hardening resin at a suitable rate, after injecting this mixture into the cel constituted using the glass substrate in which the conductive transparent electrode was formed, through the photo mask of a grating pattern, ultraviolet rays are irradiated and it may be produced.

[0016] Although each above example forms the field where refractive indexes differ using optical induction phase separation, this technique is a well-known technique used also in order to produce the microcell structure for making large the angle of visibility of a liquid crystal panel as indicated in for example, the Sharp technical report, No. 63, 14 pages — 17 pages, and December (it is hereafter written as the conventional example 6), 1995.

[0017] If it is in this example, grid-like light (wavelength which wavelength makes harden this photo-setting resin) is illuminated into the mixture of a photo-setting resin and liquid crystal, and the microcell structure surrounding each pixel is formed according to the optical induction phase separation phenomenon. Thereby, in a liquid crystal field, orientation of the liquid crystal molecule was carried out to the shape of axial symmetry made to stabilize at a photo-curing reaction according to self-orientation force, and it has realized a large angle of visibility and high contrast.

[0018] Then, below, the example applied to the back light unit of the accepting-reality type liquid crystal panel 19 is explained, referring

to drawing 1. Although an accepting-reality type liquid crystal panel is divided into a transparency mold and a reflective mold, below, a transparency mold is explained to an example. For example, the image display device of drawing 1 carries out incidence of the light from the cold cathode tube (it is hereafter written as CCFT) 23 which is the light source from the end face of a transparent material 21, and is made to output it to the liquid crystal panel 19 side of a transparency mold by the hologram component 30 and the reflective mirror 23 which were formed in the rear-face side of a transparent material 21, and the hologram component 30 is the hologram of a reflective mold as indicated by JP,9-178949,A (it is hereafter written as the conventional example 7).

[0019] By the above-mentioned configuration, the homogeneity of brightness and effectiveness are high at the same time it aims at reduction of reduction of components mark, lightweight-izing, and cost, and it can use as a back light unit which has directivity. This function is realized by using the hologram component 30 as the aggregate of a minute hologram. That is, the minute mosaic-like hologram is produced so that the maximum diffraction efficiency may be shown to mutually different incident wave length and an incident angle.

[0020] Moreover, in the same configuration, the example in which homogeneity of much more brightness is realized is indicated by making high the area consistency of the hologram of this reflective mold as it separates from the light source as indicated by JP,9-127894,A (it is hereafter written as the conventional example 8).

[0021] In addition, for example, proceedings OBU International display work-piece SHOPPUSU'97,411 page -414 page As indicated by (it being hereafter written as the conventional example 9), or JP,9-138396,A (it is hereafter written as the conventional example 10) It is used as a reflecting plate of a reflective mold liquid crystal panel, and cheats out of incoming beams reflection (diffraction) in general in an alternative and specific solid angle in the direction in general perpendicular to a liquid crystal substrate, and the angle of visibility is considered in the application which performs bright image display, although it is narrow. This hologram component is the so-called reflective type of volume hologram.

[0022] In addition, the general photopolymer as an ingredient is used in the conventional example 7 - the conventional example 10, and it is the hologram component which always performs above-mentioned reflection.

[0023] Next, an image display device is explained.

[0024] In recent years, on conventional direct viewing type television, since enlargement is difficult, development of the projection mold image display device which carries out expansion projection of the output image of an image display means to modulate the illumination-light bundle from a high brightness lamp is furthered (for example, OPURASUI, the August, 1993 issue, 58 pages -101 pages).

[0025] Drawing 67 shows the configuration of the conventional common projection mold image display device, and shows the example of a configuration using the liquid crystal panel as an image display means. The output light 3 from a lamp 2 is reflected with a reflector 4, the output flux of light 5 is condensed and spread according to condensing optical system (un-illustrating), the dichroic mirrors 12 and 13 for color separation separate into red and the green and blue three primary colors, and incidence is carried out to liquid crystal panels 16-18 through a total reflection mirror 14 and a condenser lens 15. The output light modulated with liquid crystal panels 16-18 is compounded by the dichroic prism (un-illustrating) or the dichroic mirrors 19 and 20, and total reflection mirror 14 for color composition, and expansion projection is carried out on a screen (un-illustrating) with the projection lens 9.

[0026] Although liquid crystal panels 16-18 are mainly distinguished by a transparency mold and the reflective mold, they display an image by modulating a specific linearly polarized light light to which incidence also of any is carried out through a polarizing plate or a polarization beam splitter (it outlines Following PBS) with a liquid crystal ingredient.

[0027] Moreover, generally liquid crystal panels 16-18 have the active-matrix method in use which has arranged the thin film transistor (it outlines Following TFT) to each pixel as a switching element for driving each pixel, and being formed by polycrystal polish recon is [ TFT ] common.

[0028] As a lamp 2, luminous efficiency is high, the volume of an emitter is high brightness small, the high lamp of color rendering properties is called for and the metal halide lamp, the xenon lamp, the extra-high pressure mercury lamp, etc. are used.

[0029] As a reflector 4, since it is easy to utilize the flux of light 5 after reflection effectively, the parabolic mirror, the ellipsoid mirror, the spherical mirror, etc. are used, and an emitter is arranged at the focus, primary focus, or core of these reflecting mirrors in many cases. the current mainstream — a parabolic mirror — using — a focus near [ the ] — the emitter of a lamp — installing — abbreviation — it is the method which acquires the parallel flux of light.

[0030] In a projection mold image display device in recent years, make brightness of the center section of (1) projection image at the time of displaying all white signals, and brightness of a periphery into homogeneity. (2) It is the main technical problems of development which are improved in the projection effectiveness (lumen/watt) defined as a value which \*(ed) total luminous flux (lumen) projected by the power consumption (watt) of a lamp. About (1) by installation of an integrator In addition to combining an integrator and the small high brightness lamp of an emitter, about (2), solution by combining a polarization sensing element further is tried.

[0031] Then, an integrator is explained first. With an integrator, two kinds are constituted combining the eye lens of the fly constituted by arranging a microlens to two-dimensional as indicated by JP,3-111806,A and JP,5-346557,A. The example of a concrete configuration of an integrator is shown in drawing 7. With a reflector 4 and the eye lens 49 of the 1st fly, image formation of the image of the emitter of a lamp 2 is carried out on each lens of the eye lens 50 of the 2nd fly corresponding to each lens of the eye lens 49 of the 1st fly. Each lens of the eye lens 50 of the 2nd fly has composition which carries out image formation of the image of the eye lens 49 of the 1st fly on the image display means 7.

[0032] The image in which each lens of the eye lens 50 of the 2nd fly carries out image formation on the image display means 7 by the above-mentioned configuration divides finely a big output light of the luminance distribution outputted from a reflector 4 with each lens of the eye lens 49 of the 1st fly, and brings the result of having piled them up on the image display means 7. It is possible to make 70% or more brightness of the periphery to the image center section in a projection image high by such principle.

[0033] Moreover, projection effectiveness can also be made to improve by installation of an integrator. Although the flux of light 5 generally reflected by the reflector 4 is an approximate circle form, the image display means 7 is the rectangle of 4:3. So, when the image display means 7 was illuminated circularly, only the surface ratio of the rectangle inscribed in a circle was utilized effectively. When using the image display means 7 which makes an appearance rectangle conversion efficiency, a call, and the rectangle of 4:3 for this, rectangle conversion efficiency was about 61%. However, by arranging as 4:3 the opening configuration of the lens used for the eye lens 49 of the 1st fly of an integrator as indicated by drawing 2 of JP,5-346557,A, improving to about 80% is possible.

[0034] Next, a polarization sensing element is explained. In the projection mold image display device using a polarization display means like the above-mentioned liquid crystal panel, there was a fault that only the polarization component of the specific direction was effectively utilizable, in the output light of a lamp, projection effectiveness was low, and in order to obtain a bright image, the technical problem of having to use the light source with a big output occurred. A polarization sensing element is developed for the purpose of solving such a technical problem, and is changed effective in a polarization component with the plane of polarization which intersects perpendicularly in general the polarization component by which incidence is not carried out to a liquid crystal panel to this polarization

component by the polarization component or PBS absorbed with a polarizing plate.

[0035] Fundamentally, a polarization sensing element consists of combination of a polarization separation component and a plane-of-polarization rotation component, although the a large number indication of JP,5-107505,A, JP,6-20294,A, JP,7-294906,A, JP,8-234205,A, JP,9-105936,A, etc. is carried out.

[0036] The block diagram of the polarization sensing element 58 general to drawing 8 is shown. The polarization component which intersects perpendicularly mutually unpolarized light (flux of light of random polarization) 62 by the polarization separation component 60, Namely, P polarization light (flux of light which has the polarization direction parallel to the space penetrated without being reflected by the polarization separation component) 63, S polarization light (it is reflected by the polarization separation means) It separates into the flux of light 64 which has the polarization direction perpendicular to space, only S polarization light 64 is reflected by reflective means 60' (generally the polarization separation means 60 and the film of the same kind are used), and it is based on the principle changed into P polarization light 63' by the plane-of-polarization rotation component 61.

[0037] Although it consists of combination with the lens array 66 in many cases and the contents of the publication can also be used for said five open official reports with combination with the lens array 66 in recent years, a configuration changes a little with installation locations of a polarization separation component.

[0038] One method is a method which makes width of face of the flux of light which carries out incidence to the polarization sensing element 58 abbreviation one half by the lens array 66, carries out incidence of the flux of light only to the polarization separation component 60, and performs polarization separation and plane-of-polarization rotation (refer to drawing 9). In this case, it considers as the configuration which secures the homogeneity of the brightness of a projection image to coincidence as mentioned above in many cases by using this lens array 66 as the eye lens of the fly which constitutes an integrator. That is, the configuration which used said lens array as the eye lens of the 2nd fly of an integrator is considered.

[0039] On the other hand, by installing a polarization separation component in the lamp side of the eye lens of the 1st fly, and changing the outgoing radiation angle of the flux of light after polarization separation several times according to a polarization component, the location which carries out image formation on the eye lens of the 2nd fly is changed for every polarization component, and the method with which only one polarization component rotates plane of polarization is also devised as indicated by JP,6-202094,A and JP,8-234205,A. As application of this method, the configuration which installs a polarization separation component between the eye lens of the 1st fly and the eye lens of the 2nd fly is also considered.

[0040] It is using the dielectric multilayers which come to carry out two or more laminatings of the dielectric layer as a polarization separation component in the conventional polarization sensing element in most cases. Although the hologram component which has polarization selectivity as a polarization separation component is known from the former, the example which constituted the polarization sensing element combining the integrator and applied this hologram component to the illumination-light study system of a projection mold image display device is not indicated.

[0041] With the hologram component which has the polarization selectivity currently indicated by JP,8-234143,A and U.S. Pat. No. 5161039, by using the polysilane polymer ingredient which has a liquid crystal polymer or the nonlinear light absorption effectiveness, it has polarization selectivity and has a function as the so-called volume hologram to each polarization.

[0042] Moreover, in use of a projector, since the demand in the bright projection image which can be recognized even if it does not make the interior of a room not much dark is high, it is important to raise the efficiency for light utilization of a liquid crystal light valve. As optical system which raises the homogeneity of a lighting field, the integrator optical system which used two lens plates is indicated by JP,3-11180,A or JP,5-346557,A.

[0043] This is theoretically the same as what is used for the exposure machine, two or more rectangle lenses divide the parallel flux of light from the light source, and superposition image formation of the image of each rectangle lens is carried out to a liquid crystal light valve by the relay lens corresponding to each rectangle lens 1 to 1.

[0044] Moreover, the illumination-light study system which combined the polarization transformation method with integrator illumination is proposed by JP,6-202094,A. This schematic diagram is shown in drawing 4. Incidence of the outgoing radiation light from the light source 1101 is carried out to the polarization separation component which used liquid crystal, and it is divided into P wave 1106 and S wave 1107. Image formation of such light is carried out to the location where the phase plate 1105 arranged behind the 2nd lens 1104 changed with the 1st lens group 1103 which constitutes an integrator, and 2nd lens groups 1104, respectively. one lens with which a phase plate 1105 forms the 2nd lens group —  $1/2$  wavelength plate is periodically formed in general in a half area.

[0045] For this reason, for example, the 90 degrees of the polarization directions rotate, they serve as an S wave, and P wave 1106 which carried out image formation to the location of this  $1/2$  wavelength plate carries out outgoing radiation. Image formation of S wave 1107 is carried out to the field in which  $1/2$  wavelength plate is not formed, and it is penetrated as it is. That is, as for the light wave after carrying out outgoing radiation of the phase plate 1105, the polarization direction becomes in general equal.

[0046] The polarization sensing element which combined a lens plate and prism is reported to JP,7-294906,A. This outline is shown in drawing 5. The flux of light is extracted and incidence of the light wave in which this carried out incidence to the lens plate 1201 with which the array-like lens was formed is carried out to prism 1202. S wave 1204 passes as it is, and it is reflected by prism, incidence of P wave 1205 is carried out to the next prism, it is reflected again, and it changes 90-degree include angle here.

[0047] And  $1/2$  wavelength plate placed into the optical path is passed, the 90 degrees of the polarization directions are rotated, it considers as an S wave and outgoing radiation is carried out. The light wave which carried out outgoing radiation of this with the combination of the lens plate 1201 and prism 1202 as mentioned above serves as the flux of light to which the polarization direction was equal.

[0048] Here, the image display principle of a liquid crystal device is explained using drawing 9. For example, the light by which outgoing radiation is carried out from the light source 901 like a fluorescent lamp or a metal halide lamp consists of P wave 902 which has the polarization direction parallel to space, and an S wave which has the polarization direction perpendicular to space. Incidence is carried out to a polarizer 904, a specific polarization component is absorbed, and the remaining components penetrate this flux of light. In the polarizer 904, the component of an S wave is absorbed and it has composition which a P wave penetrates. Incidence of the light which penetrated the polarizer 904 will be carried out to a liquid crystal device 905.

[0049] Here, the twist pneumatic liquid crystal which can twist the 90 degrees of the directions of a liquid crystal molecule in respect of plane of incidence and outgoing radiation, and is constituted as a liquid crystal device 905 is explained to an example. The transparent electrode by which patterning was carried out is formed in this liquid crystal device 905, and impression of electric field is possible for every drawing pixel. Torsion of a liquid crystal molecule solves the pixel (ON) to which only the electric field which can switch liquid crystal completely are impressed, and it will be stood by the liquid crystal molecule isotropic to plane of incidence (HOMEOTORO pick). For this reason, the P wave which carried out incidence to this pixel passes a liquid crystal device, maintaining that polarization condition without receiving a modulation.

[0050] Next, in the pixel (OFF) to which electric field are not impressed, as for the liquid crystal molecule, the include angle of 90-



degree liquid crystal molecule is in the distorted condition from plane of incidence in the thickness direction to an outgoing radiation side. For this reason, the P wave component which carried out incidence to this pixel rotates 90 degrees of that plane of polarization according to the twist pneumatic effectiveness resulting from torsion of liquid crystal, while passing through from plane of incidence to an outgoing radiation side. Therefore, after passing an OFF pixel, a previous light serves as an S wave and will carry out outgoing radiation.

[0051] After passing a liquid crystal device, the polarization direction of light will change with existence of the electric field of the pixel corresponding to a passage location. Next, incidence of such light is carried out to a polarizer 906. The shaft orientations which pass a polarization component to the previous polarizer 904 lean 90 degrees of polarizers 906, and it is set up here. That is, polarizers 904 and 906 are arranged at the cross Nicol's prism. For this reason, the inner P wave of the light which passed the liquid crystal device will be absorbed with a polarizer 906, and an S wave will pass a polarizer 906.

[0052] The polarization direction will be modulated according to the electric field by which the light which passed each pixel of a liquid crystal device as mentioned above is impressed to a pixel, and the luminous intensities which pass a polarizer 906 as this result will differ. Since the through put of the light which passes this polarizer 906 will differ, the image as a pattern of the light and darkness corresponding to each pixel will be recognized by the observer 907.

[0053] Moreover, since the polarization direction of the light which passes liquid crystal can be set as the intermediate state of the condition of a previous P wave and an S wave by controlling the amount of electric fields impressed to each pixel, the display of halftone will also be possible.

[0054] Next, optical-information-processing equipment is explained.

[0055] The optical-information-processing equipment which performs record and read-out of the information memorized by optical storages, such as an optical disk and a magneto-optic disk, mainly consists of hologram components as a diffracted-light study component for leading the laser beam reflected on the lens for converging the semiconductor laser as the light source, and the light which carries out outgoing radiation from this semiconductor laser on an optical storage, and the optical storage to a photo detector etc.

[0056] The light emitted from an end and semiconductor laser penetrates this hologram component, and is condensed by the front face of the optical disk as an optical storage with an image formation lens. Image formation is carried out to the photo detector which was divided into the 2-way by the hologram component with which it converged again the light which reflects and spreads by the reinforcement according to recording information in the front face of an optical disk with the lens, and the part was divided into semiconductor laser and return part was divided into two fields, and was divided into some fields, and a focal gap, a tracking gap, detection of an information signal, etc. are performed using technique like the knife-edge method.

[0057] The outgoing radiation light from laser will pass the hologram component as a diffracted-light study component twice [ of an outward trip and a return trip ] as mentioned above. It may also become the quantity of light condensed on the surface of an optical disk falling, if light is strongly diffracted after passing a hologram component in an outward trip, and optical reinforcement sufficient on a disk not being obtained, but causing trouble to exact detection of signaling information. For this reason, the function in which diffraction efficiency differs in an outward trip and a return trip is usually required of a hologram component.

[0058] Since the semiconductor laser which is the light source has a polarization property, the selectivity of the diffraction efficiency by the polarization direction is used in many cases. When it penetrates as it is, and a phase plate like a quarter-wave length plate is arranged, it is reflected by the disk into an optical path with a disk after this and a hologram is passed again, without specifically producing a diffraction operation to the polarization direction of the light emitted from semiconductor laser, it sets up so that the 90 degrees of the polarization directions may rotate compared with the first stage. At this time, a hologram component produces a diffraction function and the light which passed this is led to the photo detector which detects an information signal etc.

[0059] The hologram which has such polarization selectivity is produced using the optical medium which has a refractive-index anisotropy. For example, a mask is formed in the predetermined field of the front face of the optical medium which has a refractive-index anisotropy like lithium niobate by the photolithography, holographic exposure, etc., a benzoic acid etc. is used for the field to which the front face was exposed, and the ion exchange is performed. Then, refractive-index distribution does not arise to the specific polarization direction, but it can be dealt with as a uniform body.

[0060] However, the refractive-index distribution corresponding to the field formed with the mask to the light of the polarization direction which intersects perpendicularly to the previous polarization direction will be produced, and the diffraction phenomena corresponding to this pattern will be produced. Optical-information-processing equipment is constituted using the hologram component which has such a property.

[0061]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] Optically, all the hologram components indicated by the above conventional example 1 - the conventional example 6 are formed with mixture with the liquid crystal ingredient (it is hereafter written as non-polymerization nature liquid crystal) which is not hardened, and come to form the field where they are fine on the wavelength which always does not have the refractive-index anisotropy and which makes the polymeric materials of direction photo-curing molds, such as abbreviation, and the polymeric materials of this photo-curing mold harden. so - for example, if it is in the conventional example 1, an electrical potential difference is impressed to the field of only non-polymerization nature liquid crystal, and diffraction is carried out - making - \*\* - even if like, there was a fault of acting aslant as a hologram to the flux of light which carried out incidence, for example. This situation is explained using drawing 2 and drawing 3.

[0062] The conventional hologram component is formed of the field 1 (a refractive index is set to  $n_1$ ) which consists of \*\*\*\* photo-curing mold polymeric materials, such as abbreviation, optically as shown in drawing 2 (a), and the field 2 (a liquid crystal molecule has a refractive-index anisotropy which was illustrated, and sets respectively the refractive index to an ordinary ray and an extraordinary ray to  $n_o$  and  $n_e$ ) which consists of non-polymerization nature liquid crystal.

[0063] It is  $n_1$  here. no The almost equal ingredient is chosen. If an electrical potential difference is impressed to the transparent conductive electrode 1 (it outlines Following ITO) and the liquid crystal molecule of a field 2 is made to switch, a liquid crystal molecule will be arranged to an abbreviation perpendicular to a glass substrate 2.

[0064] In this case, since it becomes to the flux of light 3 which carried out incidence perpendicularly to P polarization light (polarization component parallel to space), and S polarization light (polarization component perpendicular to space) directions [ target / optical ] (a refractive index [ Fields 1 and 2 both ] about no), the flux of light 3 is not diffracted but goes straight on.

[0065] In not impressing an electrical potential difference to a field 2, as shown in drawing 2 (b), a liquid crystal molecule arranges to a glass substrate 2 at abbreviation parallel, and a refractive-index anisotropy arises to a field 2.

[0066] consequently, for example, P polarization light - receiving - a refractive index -  $n_e$  and  $n_1$  acting as a hologram component which changes by turns - receiving - S polarization light - receiving - all fields - almost - refractive index no etc. - it acts as a direction medium. So, P polarization light 4 is diffracted in incoming beams 3, and S polarization light 5 goes straight on.

[0067] However, as shown in drawing 3 (a), even if it is the mode in which impress an electrical potential difference, make a liquid crystal molecule arrange perpendicularly to flux of light 3' which carries out incidence aslant, and incoming beams are made to go straight on, a refractive-index anisotropy will arise in a field 2. namely, an ordinary ray (S polarization light in this case) — receiving — refractive index no etc. — although it is made to go straight on since it acts as a direction medium, the refractive index of a field 2 will be set to  $n_e(\theta)$  to an extraordinary ray (P polarization light in this case), and incident light will be diffracted as a hologram. So, when it was going to use, for example as an optical switch, there was a fault that perfect control could not be performed, except vertical incidence.

[0068] Even if it forms a field 1 in fact using the photo-curing mold polymeric materials which originally do not have a refractive-index anisotropy, if it forms between the glass of a narrow gap, although it is small, a refractive-index anisotropy will be discovered with stress etc. However, the difference is small and an above-mentioned phenomenon essentially appears.

[0069] Few of the refractive-index anisotropy may become a problem. for example, the time of displaying black, if it is in the case of the conventional example 6 — the field where the part of a grid is discontinuous — becoming — high — especially when displaying a contrast image, it was conspicuous, and there was a fault of spoiling homogeneity.

[0070] Many problems stated to the detail above are problems always generated in the system which made phase separation discover optically by being made from the polymeric materials of \*\*\*\* photo-curing molds, such as abbreviation, and the mixture of a liquid crystal ingredient.

[0071] The example which, on the other hand, produces the phase contrast film of a liquid crystal macromolecule multicomputer system using the mixture of the ultraviolet curing mold liquid crystal which attracts attention as liquid crystal of a photo-curing mold especially in recent years, and some kinds of non-polymerization nature liquid crystal is reported (for example, 'the collection of 97 liquid crystal debate drafts 168 pages - 169 pages, 1997). however — the above-mentioned example — UV light — simple — the whole surface — and homogeneity is irradiated, and it is only making the whole surface harden uniformly, and reference is not made at all about the effectiveness which diffraction does not produce to formation of the interference draft by the optical induction phase separation by two-beam-interference exposure, and the incident light of the slant expected by the configuration of this invention like the after-mentioned.

[0072] Moreover, photo-curing mold liquid crystal is injected into the cel in which stripe-like ITO was formed, and the diffraction component is formed at JP,9-281330,A and JP,9-288206,A by performing photo-curing in the condition of having made the orientation of a liquid crystal molecule differing partially by impressing an electrical potential difference, for example.

[0073] However, in the above-mentioned example, it essentially forms using a homogeneous liquid crystal ingredient, and does not indicate at all about using mixture with non-polymerization nature liquid crystal, but although the refractive-index anisotropy between different fields is equal, it that it is unchangeable and essentially differs from this invention.

[0074] Moreover, in the example applied to the liquid crystal panel of the direct viewing type currently indicated in the conventional example 7 — the conventional example 10, a hologram component always realizes the above-mentioned function, and no example which changes the function of a hologram component if needed is indicated.

[0075] Moreover, in the conventional image display device, in forming a polarization separation means using dielectric multilayers, in order to carry out two or more layer laminating of the thin film dielectric layer, production took time amount and there was a fault that cost was high.

[0076] There was a problem in the difficulty of production, the height of cost, the thermal resistance of adhesives, etc. in the polarization separation component indicated by JP,7-294906,A which further two or more prism is made to rival, is formed, and comes to form dielectric multilayers in a plane of composition, and JP,9-105936,A.

[0077] In JP,5-107505,A and JP,8-234205,A, a thick parallel plate or a thick rectangular prism was used, and the compact configuration was difficult. Moreover, if it was in JP,6-20294,A, production of a serrate configuration was difficult. As mentioned above, the polarization separation component using dielectric multilayers had high cost, and had the fault that production was difficult.

[0078] Moreover, the application as a polarization sensing element combined with the integrator is not indicated at all as an illumination-light study system [ in / as mentioned above / in the polarization separation component using the hologram component which has the polarization selectivity currently indicated by JP,8-234143,A and U.S. Pat. No. 5161039 / a projection mold image display device ]. Even if it was going to include in the polarization sensing element by having used the conventional hologram component as the polarization separation component and was going to apply to the projection mold image display device, it was difficult to realize high effectiveness for the following reasons.

[0079] For example, the case where a polarization separation component is prepared in front of the eye lens of the 1st fly of an integrator is considered. carrying out incidence to a polarization separation component — in general — abbreviation — it is the parallel flux of light. These flux of lights are unpolarized light though natural. in this case, the difference of the outgoing radiation angle of the two polarization flux of lights are outputted from the polarization separation component after polarization separation, and the flux of lights and the polarization direction cross at right angles mutually — at most — abundance is desirable. This is because 2 image formation of the image of the emitter of a lamp is carried out on each microlens of the eye lens of the 2nd fly corresponding to each microlens of the eye lens of the 1st fly. If this angular difference is too large, the path of each lens of the eye lens of the 2nd fly must be enlarged.

[0080] That is, it will learn, if each is not outputted by the angular difference of abundance after dividing the abbreviation parallel flux of light into a different polarization component as a polarization separation component, and it is \*\*. This means that the degree difference of incident angle of the reference beam at the time of producing a hologram component and body light must be made small with abundance at most. However, in order to make it sufficiently high until it can generally bear the effectiveness of a volume hologram at use, the difference of whenever [ incident angle / of a reference beam and body light ] is needed at least 20 degrees or more, and the effectiveness as a volume hologram becomes low in the angular difference not more than it. So, the polarization sensing element of the 1st type was not able to be constituted, using the conventional hologram component as a polarization separation component.

[0081] Moreover, as a diffraction component, as indicated by JP,5-173196,A, for example The example using the usual pneumatic liquid crystal or Japanese, a journal, The example using UV hardening mold liquid crystal as indicated by 589 - 590 pages in OBU, applied \*\* physics, the 36th volume, and 1997. Or although the example using polymer distribution liquid crystal is also known as indicated by the 5th volume and 1533 -1538 term in chemical \*\* material 1993 It is only indicating only having polarization isolation, and the thing given in the above-mentioned open official report is not indicating at all about the application as a polarization sensing element.

[0082] as mentioned above, (2) production with (1) cost high when the polarization sensing element combined with the integrator is constituted using the polarization separation component formed of the conventional dielectric multilayers and it applies to a projection mold image display device — difficulty and (3) — troubles, such as difficulty, had a compact configuration.

[0083] Moreover, if the difference of (1) incident angle and an output angle was not enlarged, since it would generally tell a hologram component that effectiveness is low, it was difficult for it to combine with (2) integrators and to use it as a polarization separation



component of a projection mold image display device.

[0084] furthermore — if it is in the conventional diffraction component — 1 — only having polarization isolation is indicated — \*\*\*\* — it does not pass, is not indicated at all about combination with two integrators, and cannot apply to a projection mold image display device.

[0085] Moreover, it is the configuration which inserted liquid crystal into the gap of the prism substrate and glass substrate which have a saw-like slot with the polarization separation component using liquid crystal. In order that liquid crystal may show a refractive-index anisotropy, a refractive-index difference changes with polarization directions, such as Tsunemitsu and abnormality light.

[0086] The light wave which carried out incidence to the previous polarization separation component will produce the phase distribution corresponding to a saw-like configuration, and will function as a diffraction grating of a phase mold. Furthermore, the refractive-index differences when passing a liquid crystal layer according to the polarization direction differ. For this reason, according to the polarization direction of the light wave which carried out incidence, since phase distribution differs, the direction diffracted by Tsunemitsu, abnormality light, i.e., a P wave, and the S wave will differ and carry out outgoing radiation.

[0087] In order to separate a P wave and an S wave by the shape of a 2nd lens array, the angle of diffraction of disengageable extent is needed. For this reason, it is necessary to make the pitch of the shape of a saw of a polarization separation component small to about dozens of micrometers. It is necessary to design a saw-like inclination strictly to homogeneity at this time. Since the inclination of a saw configuration is equivalent to the blaze angle of a diffraction component, as for this, this configuration and homogeneity influence the effectiveness of a diffracted wave. That is, if a saw-like slot shifts rather than a design, a diffracted wave will distribute and the technical problem that the degree of separation by the polarization separation component will fall will arise.

[0088] If width of face of the gap of a saw-like slot is enlarged, the pitch of a saw configuration can be enlarged and processing will become easy. In this case, it is necessary to thicken the case of origin, comparable maintenance use, then the cel gap of liquid crystal for a separation angle. However, phenomena, such as nebula, arise difficultly, making homogeneity carry out orientation of the liquid crystal to a thick cel gap decreases the transmittance of a polarization separation component, and the problem that efficiency for light utilization falls newly arises.

[0089] With the polarization separation component using prism, the flux of light is extracted with an end lens plate, and incidence is carried out to a prism array every other train. And since prism has the function of a polarization beam splitter, an S wave is penetrated, a P wave is reflected by the right angle, further, by the next prism, it is reflected by the right angle and the propagation direction of light becomes equal to a previous S wave. With 1/2 wavelength plate placed into the optical path after this, the 90-degree polarization direction rotates, it becomes a P wave and outgoing radiation is carried out.

[0090] Since the above operations are performed for every prism, the light wave which carried out incidence to the lens plate can acquire the flux of light to which the polarization direction was equal, without changing the width of face of the flux of light a lot. Prism consists of cube configurations where the surroundings were filled with the liquid or solid-state for taking dielectric multilayers and refractive-index matching. In order to raise polarization degree of separation, it is necessary to form dielectric multilayers also to many [-fold], and a manufacturing cost becomes expensive. Moreover, the demarcation membrane is arranged at 45 degrees in order to bend the 90 degrees of the propagation directions of light. For this reason, the magnitude of the separation component of the thickness direction is fixed by the magnitude of the demarcation membrane which constitutes one prism, and the technical problem that a component cannot be thinly made small arises.

[0091] This invention solves the technical problem of said conventional technique, and aims at realizing the projection mold display which can combine offering the high polarization lighting system of the efficiency for light utilization which was excellent in the polarization selection system and used the diffracted-light study component with high diffraction efficiency as a polarization separation component, and this polarization lighting system and projection optical system, and can form a bright projection image.

[0092] Moreover, although the application of the display in which carrying for the purpose of viewing and listening of video or image information in the monitor and individual for car navigation is possible is increasing in recent years, these are positioned as a HUD and a low-power type display for Personal Digital Assistants including the cellular phone called a mobile tool. As common conditions demanded from such a display, small, a light weight, a thin shape, and a low power are raised. Moreover, in a HUD, there is also the need of performing a switch with the display screen and the external world, and it is desirable for a screen to be transparency, i.e., a see-through screen.

[0093] The thing using the liquid crystal device as a display suitable for current and the above demands can be considered. Compared with a display like the conventional CRT, there is little depth area and a liquid crystal display can realize thin shape-ization. Moreover, highly minute-ization also progresses by the miniaturization of pixel size, large-capacity-izing, installation of a TFT component, etc., and it has been improving increasingly also in image quality.

[0094] However, the image display principle of the display using a liquid crystal device usually modulates the polarization direction of the light which carries out incidence with the magnitude of the electric field impressed to a liquid crystal device. And image information, such as light and darkness, is displayed before and after a liquid crystal device by combining the polarizer arranged to the cross Nicol's prism using the difference of the transmittance of the polarizer by the polarization condition of incident light.

[0095] Since a polarizer is an absorption type in such a method, the transmittance of light is not so high. Furthermore, since it constitutes combining a polarizer in the cross Nicol's prism, only in the state of the combination of this polarizer, there is almost no transmittance of light and it is in a black condition. Therefore, it combines with image display, and it is difficult to acquire the information on the external world through said liquid crystal panel, and the use as a HUD of a see-through type has the problem that it cannot do.

[0096] Moreover, since a polarizer is the configuration of making only a specific polarization component penetrating by the absorption of light, the light absorbed with the polarizer is changed into heat inside. If the quantity of light which carries out incidence increases, it will become impossible to disregard the effect of generation of heat inside a polarizer, and problems, such as a fall of the function of a polarizer of a light modulation operation and degradation of a component, will arise.

[0097] Since a liquid crystal display is not a spontaneous light type device like CRT, it needs the light source of dedication for image display. The rate of the power used for these light sources among the power consumption of a liquid crystal display occupies whole one half extent, and serves as a wall over low-power-izing. For this reason, the method which displays an image is examined, without using the light source for the lighting of dedication. There is an image display device of the reflective mold which combined the liquid crystal device and the reflecting plate as the light source as a method for this using an extraneous light like the natural light or the indoor illumination light. Since the light source of dedication is not needed according to this configuration, low-power-ization is attained.

[0098] The display condition of an image will change with the conditions of the extraneous light used as illumination light by the above-mentioned method. For example, viewing and listening of the image information in the location which can use neither the case where the illumination light of the Nighttime interior of a room is dark, nor the illumination light becomes difficult. For this reason, a configuration which switches in accordance with a location, an environmental condition, etc. which use the back light and extraneous

light as the internal light source, and combined low-power-izing and the convenience of viewing and listening of image information is desirable.

[0099] However, in order to use an extraneous light, it is suitable to take the configuration of the reflective mold which placed the polarizer of one sheet all over the liquid crystal device, and in order to use the internal light source, it is suitable to make it the configuration of the transparency mold which has arranged the polarizer to the cross Nicol's prism before and after the liquid crystal device. Although it is possible to take the configuration which used two polarizers in order to satisfy both this method to coincidence, when the polarizer of an absorption mold is used, transmittance is low, in the image display in the reflective mold by the extraneous light, the brightness of a screen falls remarkably, and image quality deteriorates. Therefore, the use by concomitant use with the internal light source and an extraneous light has the technical problem are difficult.

[0100] This invention solves the technical problem of said conventional technique, is excellent in a polarization selection system, and aims at offering the image display device of the low-power mold to which a diffracted-light study component with high diffraction efficiency is made as for concomitant use with the back light and extraneous light which an image display device is constituted combining a liquid crystal device, and the display of a see-through mold is possible, and are the internal light source. Furthermore, by using a diffracted-light study component for refractive-index distribution as a transparency mold which gave the modulation, the use effectiveness of light is raised and the multiple-purpose application as a lighting system for illumination light is aimed at to image display and coincidence.

[0101] When performing signal detection from an optical storage using the hologram component which, on the other hand, has the polarization selectivity produced by the ion exchange etc., signal detection is greatly influenced with the diffraction efficiency of a hologram component. it is reflected by the optical disk etc., and specifically, it changes so that the first stage and the polarization direction may cross at right angles with a phase plate — having — a hologram component — incidence is carried out.

[0102] If the diffraction efficiency of a hologram component is low, at this time, the luminous intensity which reaches to a photo detector will be weak, a noise will increase, and exact signal detection will become difficult at it. Furthermore, since the component which did not diffract but was penetrated is irradiated by the semiconductor laser which is the light source, the instability of the laser oscillation by the increment in the return quantity of light to semiconductor laser happens, and technical problems, such as generating of the noise of the light source itself, newly produce it.

[0103] In order to solve this technical problem, it is required to raise the polarization selectivity and diffraction efficiency of a hologram component. As a gestalt which can be used as a hologram component which has current polarization selectivity, there is a thing of the type of a two-dimensional diffracted-light study component. This gives refractive-index distribution which corresponds to a rectangular grid configuration, and produces the phase contrast of 0 and  $\pi$  for every \*\*\*\*\* grid to the wavelength of the light which carries out incidence. The light which passes this produces diffraction as a result strengthened in the specific direction corresponding to spacing of this rectangle grid.

[0104] With the hologram component which consists of such a rectangle grid, a diffracted wave is produced in bilateral symmetry for the configuration which consists of a two-dimensional binary. For this reason, even the ideal diffraction efficiency condensed in the direction which is the 1st order with the largest diffraction reinforcement has the technical problem that it is restricted to about 40%. Moreover, when a grid configuration shifts from a design value, the rate on the strength which begins zero-order light reinforcement and is diffracted by high orders other than primary light reinforcement increases. Therefore, the problem of becoming the cause the primary light reinforcement needed not only falling, but by which the light diffracted high order acts as a return light to semiconductor laser, and it produces a noise to laser oscillation which was mentioned above is also produced.

[0105] This invention solves the technical problem of said conventional technique, and aims at offering the diffracted-light study component which is excellent in polarization selectivity and is used for optical-information-processing equipment with high diffraction efficiency, and the reliable manufacture approach of this component.

[0106]

[Means for Solving the Problem] This invention has two or more fields where the presentations of an ingredient differ. Said two or more fields The 1st field which consists of photo-curing mold liquid crystal which hardens with specific wavelength at least, and has a refractive-index anisotropy. It is formed from the 2nd field which consists of liquid crystal [ \*\*\*\* / un-] (it is hereafter written as non-polymerization nature liquid crystal) with this wavelength. Abbreviation etc. is respectively carried out to the refractive index to the ordinary ray after hardening of said photo-curing mold liquid crystal, a refractive index [ as opposed to the ordinary ray of said non-polymerization nature liquid crystal in the refractive index to an extraordinary ray ], and the refractive index to an extraordinary ray, and it is, and is characterized by things.

[0107] At least, this invention has a polarization anisotropy to incoming beams, and consists of the plate-like 1st which makes only the 1st polarization component diffract alternatively in general, and the 2nd hologram component. The incoming beams which carry out incidence to said 1st hologram component, and the angle  $\theta_0$  which an optical axis makes, The include angle  $\theta_1$  which the 1st output flux of light by which said incoming beams were diffracted by said 1st hologram component makes with an optical axis, The include angle  $\theta_2$  which the 2nd flux of light by which said 1st output flux of light is diffracted by said 2nd hologram component after incidence, and is outputted to it makes with an optical axis is characterized by satisfying  $|\theta_1 - \theta_2| > 20^\circ$   $|\theta_0 - \theta_2| < 15^\circ$  of a bottom type.

[0108] It is arranged mutual almost in parallel and has the plate-like 1st which makes a respectively mutual almost equal predetermined polarization component diffract alternatively, and the 2nd hologram component. The diffracted-light bundle which carries out incidence to the hologram component of the above 1st, and the hologram component of the above 1st and the above 2nd diffracts, and carries out outgoing radiation from the hologram component of the above 2nd, While the include angle with the transmitted light flux which carries out incidence to the hologram component of the above 1st, penetrates the hologram component of the above 1st and the above 2nd, and carries out outgoing radiation from the hologram component of the above 2nd to make exceeds 0 degree and being less than 15 degrees The include angle of the flux of light which carries out incidence to the hologram component of the above 1st and which carries out incidence to each hologram component in the flux of light diffracted by the above 1st and the 2nd hologram component, and the flux of light diffracted by each hologram component to make is characterized by exceeding 20 degrees, respectively.

[0109]

[Embodiment of the Invention] (Gestalt 1 of operation) The example of the hologram component which is a diffracted-light study component of the polarization selectivity from which the diffraction effect differs according to the polarization direction of the light which carries out incidence is explained.

[0110] The field 503 containing ultraviolet curing mold liquid crystal (henceforth "UV cure rubble liquid crystal") molecule 503a and the field 504 containing non-polymerization nature liquid crystal molecule 504a are formed between two glass substrates 502 with which the conductive transparent electrode (henceforth "ITO") 501 was formed, respectively, and this hologram component is constituted, as shown in drawing 10. The above-mentioned UV cure rubble liquid crystal is photo-curing mold liquid crystal which was hardened

according to the flux of light which has specific wavelength and which has a refractive-index anisotropy. On the other hand, non-polymerization nature liquid crystal is a liquid crystal ingredient which is not hardened to the flux of light of the wavelength which stiffens the above-mentioned UV cure rubble liquid crystal.

[0111] Here, the expression about "optical anisotropy" is attached and explained. In a common liquid crystal ingredient and the optical material which has a refractive-index anisotropy so that optically uniaxial optical crystal may see, the refractive index to an ordinary ray and the refractive index to an extraordinary ray can be defined. An ordinary ray is a polarization light for which a refractive index does not depend on the incident angle of a beam of light, and an extraordinary ray is a polarization light from which a refractive index differs according to an incident angle. It can ask for the refractive index according to the incident angle to an extraordinary ray by the so-called index ellipsoid (bibliography: for example, Kudo, Uehara work, and "basic optical" present age engineering company \*\*, 202 pages) shown in drawing 3 (b). Then, in not commenting on "the optical anisotropy over the incoming beams of each field" especially, it writes it as "optical anisotropy of each field" briefly, and the semantics presupposes that it is "the anisotropy of the refractive index to Tsunemitsu to the incoming beams in each field, and abnormality light." moreover — "the optical anisotropy of a field 503 and a field 504 — abbreviation — it is equal — " — "the refractive index to the ordinary ray which carries out incidence, and the refractive index to an extraordinary ray — respectively — both fields — mutual — abbreviation — equal — " — things shall be meant similarly, "the optical anisotropy of a field 503 and a field 504 differing" — "the refractive index to the ordinary ray which carries out incidence — both fields — abbreviation — although it is equal, the refractive indexes to an extraordinary ray differ in both fields — " — things shall be meant. Moreover, "optical anisotropy" and a "refractive-index anisotropy" are used in the same semantics.

[0112] the above-mentioned hologram component is shown in drawing 10 (a) in the condition that the electrical potential difference is not impressed among ITO501 — as — a field 503 and a field 504 — both — the liquid crystal molecules 503a and 504a — abbreviation — orientation was carried out in the same direction (glass substrate 502 abbreviation parallel direction), and the optical anisotropy of a field 503 (after hardening) and a field 504 is almost equal mutually, and has come. That is, the refractive index to an extraordinary ray also has almost equally (the value is set to  $n_o$ ) an almost equal refractive index to an ordinary ray in a field 503 and a field 504 (the value is set to  $n_e$ ). On the other hand, when a predetermined electrical potential difference is impressed between ITO(s)501, as shown in drawing 10 (b), only liquid crystal molecule 504a of a field 504 carries out orientation (switching) in the direction of line of electric force, and optical anisotropy differs mutually in a field 503 and a field 504.

[0113] The hologram component constituted as mentioned above functions as a hologram component by impression of the electrical potential difference of a between [ ITO50 ], and makes incoming beams diffract in the pitch of a field 503 and a field 504, and the direction according to thickness to P polarization light (extraordinary ray). That is, only P polarization light diffracts alternatively and S polarization light (ordinary ray) goes straight on ( drawing 10 (b) ). Thus, even when the flux of light carries out incidence of the alternative diffraction of only P polarization light to a hologram component from across, it is the same. In the condition that an electrical potential difference is not impressed on the other hand, P and S polarization light go straight on ( drawing 10 (a) ). Moreover, even if it is the case where incidence is carried out from across, P and S polarization light can be made to go straight on certainly with this hologram component, when the electrical potential difference is not impressed. namely, a refractive index [ as opposed to / as shown in drawing 11 , when the flux of light carries out incidence from across / an ordinary ray ] — a field 503,504 — both — no it is — etc. — a refractive index [ as opposed to / can hold by carrying out, do not come out and / an extraordinary ray ] — a field 503,504 — both — ne — it is (theta) — etc. — since it becomes, it can be made to go straight on, without [ to spread ] diffracting not only an ordinary ray but an extraordinary ray

[0114] Thus, according to the above-mentioned hologram component, an ordinary ray and an extraordinary ray can be made to be able to go straight on, or only an extraordinary ray can be made to diffract from across alternatively certainly also to the flux of light which carried out incidence.

[0115] Next, the production approach of the above hologram components is explained. This hologram component can be formed by the so-called optical induction phase separation by irradiating the interference draft of for example, the 2 flux of lights.

[0116] (1) Apply the orientation film (un-illustrating) to two glass substrates 502 in which ITO501 was formed, first, and perform orientation processing.

[0117] (2) For example, secure a cel gap by distributing the bead (un-illustrating) of a predetermined diameter, and stick two glass substrates 502 (it may replace with bead distribution and the column of the predetermined height which consists of silicon oxide, a photopolymer, etc. may be formed).

[0118] (3) For example, pour in and close the liquid crystal ingredient which mixed non-polymerization nature liquid crystal and UV cure rubble liquid crystal by the weight ratio of 1:1.

[0119] (4) UV cure rubble liquid crystal of a part with which the interference draft of a desired pitch was irradiated and light was strongly irradiated by 2 flux-of-light interference exposure is stiffened, and an assembly and good field separation are performed for UV cure rubble liquid crystal molecule of most in liquid crystal mixture to a hard spot by the optical induction phase separation phenomenon.

[0120] If 2 flux-of-light interference exposure is performed in the condition of having changed into the condition of having impressed the electrical potential difference between ITO(s)501, in the process of the above (4) here, and having made the abbreviation perpendicular carrying out orientation of the liquid crystal molecule to a glass substrate 501 As shown in drawing 12 , while each optical anisotropy becomes almost equal at the time of electrical-potential-difference impression and P polarization light in incoming beams and S polarization light go straight on, at the time of no electrical-potential-difference impressing The optical anisotropy of each field can differ now, only P polarization light can diffract, and the hologram component in the reverse mode in which S polarization light goes straight on can be produced.

[0121] In addition, as non-polymerization nature liquid crystal, although it is desirable as the drive approach of a component to impress alternating voltage generally, when using a ferroelectric liquid crystal, you may carry out impressing a pulse-like electrical potential difference taking advantage of the memory nature etc.

[0122] Here, the difference between the hologram component of this invention and the conventional hologram component is described. although the above-mentioned principle of operation is fundamentally [ as the conventional example 1 ] the same, in the conventional example 1, photo-curing mold polymeric materials are only used for a field 503 — \*\*\*\* — it does not pass and is not indicating at all about a refractive-index anisotropy. To it, photo-curing mold liquid crystal has a refractive-index anisotropy, and the hologram component of this invention is ne after the hardening, and no. It is the description that it is the same as that of the non-polymerization nature liquid crystal of a field 504, and, so, an incident angle property can be improved. For example, reference which considers the flux of light which carries out incidence perpendicularly ( drawing 2 (a) ).

[0123] since the field 503 which consists of photo-curing mold polymeric materials does not have the refractive-index anisotropy in the conventional example 1 — always — a refractive index — no of liquid crystal abbreviation — equal value  $n_1$  it is . By considering as a configuration as controlled a liquid crystal molecule by the conventional example 1 and shown in drawing 8 (a), it can go straight on,

without diffracting incoming beams 3.

[0124] however — although an ordinary ray (in this case, S polarization light 5) can go straight on about flux of light 3' which carried out incidence aslant as shown in drawing 9 (a) — an extraordinary ray (in this case, P polarization light 4) — a field 503 — refractive index no it is — to being as, since the refractive index of a field 504 serves as  $n_e$  (theta), it will be diffracted and carried out. As shown in drawing 9 (b), it can ask for the refractive index to an extraordinary ray by the index ellipsoid.

[0125] The above-mentioned phenomenon was a technical problem common to all the conventional components for which the polymeric materials to harden do not have the refractive-index anisotropy in essence as indicated by the conventional example 2 — the conventional example 6 grade.

[0126] In addition, although the conventional example 6 is not a hologram component, the refractive index of photo-curing mold polymeric materials and non-polymerization nature liquid crystal is not indicated at all, but few refractive-index anisotropies produced when polymeric materials are formed in the cel of a narrow gap in this case pose a problem.

[0127] (Gestalt 2-1 of operation) The example of the polarization separation component constituted using the hologram component is explained. This polarization separation component divides into S and P polarization light the flux of light which carried out incidence, carries out outgoing radiation of both on a slightly different outgoing radiation square, and is used for the polarization sensing element for acquiring the flux of light to which the polarization direction was equal etc.

[0128] The 1st hologram component 511 and the 2nd hologram component 512 stick, it is united, and this polarization separation component 510 is constituted, as shown in drawing 13. the direction of a normal of the 1st hologram component 511 (Z shaft orientations in drawing) — abbreviation, if the parallel flux of light alpha carries out incidence For example, S polarization component (polarization component which has plane of polarization parallel to the X-axis shown in this drawing) is diffracted. For example, outgoing radiation is carried out on a 45-degree outgoing radiation square (it is the angle of the Z-axis and the travelling direction of an incident ray to make on the basis of a substrate normal, i.e., the Z-axis), and incidence is carried out to the 2nd hologram component 512 by the 45-degree incident angle. On the other hand, P polarization component (polarization component which has plane of polarization parallel to a Y-axis) penetrates the 1st hologram component 511 as it is.

[0129] S polarization light which carried out incidence to the 2nd hologram component 512 by the 45 above-mentioned degrees incident angle penetrates P polarization light in parallel with the Z-axis like the 1st hologram component 511, while the 2nd hologram component 512 diffracts, for example, outgoing radiation is carried out on a -7-degree outgoing radiation square. That is, with this polarization separation component 510, it becomes possible to separate and output P polarization light and S polarization light with the difference of a 7-degree travelling direction.

[0130] As each above-mentioned hologram component 511,512, the hologram component of the gestalt 1 of said operation can be used, for example, and the above actuation can be carried out in this case by impressing a predetermined electrical potential difference to ITO of each hologram component. Moreover, the hologram component to which the respectively above diffraction is carried out may be used, without impressing an electrical potential difference. Such a hologram component is the following, and can be made and produced.

[0131] (1) Form a conductive transparent electrode (for example, ITO: un-illustrating) on one pair of glass substrates 25. [0132] (2) Apply the orientation film (un-illustrating) on each conductive transparent electrode, and perform rubbing processing.

[0133] (3) Distribute the spherical bead (un-illustrating) of a desired path on a conductive transparent electrode.

[0134] (4) Apply a sealant (un-illustrating) to the periphery of a glass substrate 513.

[0135] (5) Stiffen a sealant for a glass substrate 513,514 by lamination and heat-treatment.

[0136] (6) Pour in UV hardening mold liquid crystal 515 as a hologram ingredient from an inlet (un-illustrating).

[0137] (7) Expose UV hardening mold liquid crystal 515 according to 2 flux-of-light interference optical system using UV laser light, and form the predetermined interference draft mentioned later.

[0138] (8) Irradiate UV light again, impressing a predetermined electrical potential difference between conductive transparent electrodes.

[0139] In addition, in the field of the production approach optics of a cel which will come, it is a well-known technique, and 2 flux-of-light interference optical system is also the well-known technique which forms a predetermined direction and the interference draft of a pitch by dividing a coherent laser beam into two and irradiating it at an angle of predetermined.

[0140] Next, the principle in which the hologram component which has polarization selectivity by the above-mentioned production approach is formed is explained. UV hardening mold liquid crystal is liquid crystal hardened by irradiating UV light, for example, the light of the wavelength near 360 nanometer. After impregnation of (6), in the condition before UV exposure of (7), as typically shown in drawing 14, orientation of the molecule 515a of this liquid crystal is carried out in the direction which carried out rubbing in general by rubbing processing of the above (2).

[0141] If the interference draft formed of 2 flux-of-light interference optical system like the after-mentioned is irradiated in this condition at UV hardening mold liquid crystal 515, UV hardening mold liquid crystal 515 will be hardened according to the optical reinforcement of an interference draft. If the interference draft which has optical intensity distribution in Y shaft orientations of this drawing is formed as specifically typically shown in drawing 15, only liquid crystal molecule 515b of a part with strong reinforcement will harden.

[0142] Then, if an electrical potential difference is impressed between conductive transparent electrodes, as shown in drawing 16, only liquid crystal molecule 515a of the part which was weak as for the optical reinforcement of an interference draft will carry out orientation (switching) in the direction of line of electric force. If UV light is again irradiated in this condition on the whole surface, even if it stops impression of an electrical potential difference, it will become the hologram component at which the array condition of a liquid crystal molecule was maintained as shown in drawing 16. That is, the field which has switched liquid crystal in the minute pitch of an interference draft, and the field which has not been switched are formed. Then, optically, since the liquid crystal molecule has the optically uniaxial refractive-index anisotropy, it functions in the example of drawing 16 as a diffraction component which has the polarization anisotropy of outputting without diffracting as an isotropic component to the polarization component which vibrates to Y shaft orientations to acting as a phase mold diffraction component to the polarization component which vibrates to X shaft orientations.

[0143] In the gestalt of this operation, each hologram component 511,512 was specifically produced with the following parameters.

[0144]

Inclination of the interference draft of the 1st hologram component : 22.5 degrees Pitch of the interference draft of the 1st hologram component : 0.757 micrometers Thickness of the 1st hologram component : 9 micrometers — inclination [ of the interference draft of the 2nd hologram component ] : — 19 degrees — pitch [ of the interference draft of the 2nd hologram component ] : — 0.651 micrometers — thickness [ of the 2nd hologram component ] : — refractive-index [ of an average of 9 micrometer liquid crystal ] : — 1.593 refractive-index change: — 0.083 — as mentioned above The diffraction efficiency over S polarization light of the polarization

separation component 510 which were produced by carrying out is shown in drawing 17. An axis of abscissa is whenever [ to the 1st hologram component 511 / incident angle ]. As shown in drawing, 90% or more of high polarization separation property was realizable in  $\pm 2$  degrees.

[0145] In addition, what is necessary is just to make a field act, when UV hardening mold liquid crystal in which orientation is possible is used as a liquid crystal ingredient in a magnetic field instead of there being no need of forming a conductive transparent electrode in the front face of a glass substrate 513,514, and making electric field act in the process of the above (8).

[0146] In addition, a hologram component may be produced by optical induction phase separation using the mixture of the photopolymer and liquid crystal polymer which have sensibility to a specific wavelength field as a hologram ingredient 27.

[0147] Moreover, in the gestalt of this operation, although the optical axis and incoming beams which are defined as a normal of a glass substrate 513,514 were in agreement in general, it does not necessarily need to be in agreement.

[0148] As a hologram component used for the above polarization separation components, a thing as shown, for example in drawing 18 can also be used. This hologram component 521 is formed using the optical medium 522 which has refractive-index anisotropies, such as liquid crystal, and since thickness is as thick as about 10 micrometers, refractive-index distribution is periodically distributed also in the thickness direction. For this reason, it has the property which a diffraction operation changes with polarization directions, and shows high diffraction efficiency in the one direction as a diffraction operation.

[0149] Hereafter, this hologram component 521 is explained in full detail.

[0150] This interior of a component has the layer structure in which the layer which inclined to the thickness direction was periodically formed from the front face as for which light carries out incidence. Mutually, by  $\theta$ , one side is arranged so that the inclination of the optical axis of the optical medium 522 which has a refractive-index anisotropy may become parallel to the front face of the hologram component 521, and another side is perpendicularly arranged to a front face.

[0151] Since it will become an extraordinary ray when the polarization direction of the light is parallel to the optical axis of the optical medium 522 if light carries out incidence to the optical medium 522 which has the above-mentioned refractive-index anisotropy, the value of  $N_e$  is shown as a refractive index. Moreover, when the polarization direction is perpendicular to the optical axis of the optical medium 522, it becomes an ordinary ray, and the refractive index of  $N_o$  will be shown. Here, it is  $N_e > N_o$ .

[0152] Next, in the hologram component 521 shown in drawing 18, behavior when light which has the polarization direction perpendicularly to space is made into an ordinary ray and such light carries out incidence to the hologram component 521 by making into an extraordinary ray light which has the polarization direction to space and a parallel direction is explained.

[0153] First, when an ordinary ray carries out incidence, the polarization direction becomes perpendicular also to the optical axis of which optical medium 522 which constitutes each class. For this reason, regardless of the sense of the optical axis between each class, the refractive index in each class serves as  $N_o$ . That is, since it is equal to a medium with uniform  $N_o$  existing, a refractive index will not receive an operation of diffraction, but as shown in this drawing, it will penetrate the ordinary ray which carries out incidence to this as it is.

[0154] On the other hand, when an extraordinary ray carries out incidence, the optical axis of the optical medium 522 which has a refractive-index anisotropy becomes parallel [ the polarization direction of incident light ] to an optical axis in the layer arranged to plane of incidence and parallel. For this reason, when passing the layer which has the refractive index of  $N_e$ , it corresponds. Moreover, since the optical axis of the optical medium 522 corresponds to a perpendicular layer to the plane of incidence of the hologram component 521 when the polarization direction is perpendicular to an optical axis, this layer acts with what has the refractive index of  $N_o$ . Then, to an extraordinary ray, the hologram component 521 will pass two or more layers from which a refractive index differs periodically in the thickness direction which is a travelling direction of the incident light. Consequently, an incident ray will receive the so-called Bragg's diffraction operation light is condensed in whose specific direction corresponding to whenever [ tilt-angle / of this layer ], and the pitch of a period. So, as shown in this drawing, an extraordinary ray will change an optical path after passing the hologram component 521 corresponding to the layer structure formed in the interior of a component.

[0155] That is, Bragg's diffraction conditions will be applied with constituting so that it may have periodic structure in the thickness direction as mentioned above. When the light which has a certain wavelength carries out incidence of this to each class which forms periodic structure, the light scattered about on each class produces the phenomenon whose dispersion component suits in the specific direction corresponding to the pitch between the wavelength and incidence include angle, and a layer in slight strength. This will be called Bragg's diffraction conditions, such conditions will serve as a three-dimension-configuration to the conventional two-dimensional diffracted-light study component, and it will have an operation of blaze-izing (light is converged in the one direction).

[0156] Therefore, compared with the conventional diffracted-light study component, diffraction efficiency can be raised by leaps and bounds, and 100% of effectiveness is theoretically possible. Even if a top also takes the loss in halfway etc. into consideration, it can actually expect 90% or more of effectiveness. on the other hand, with the two-dimensional diffracted-light study component which consists of a binary, since until [ high order ] diffraction of the diffracted wave will be carried out at bilateral symmetry including zero-order, the highest also becomes about 40% and the diffraction efficiency to the primary direction serves as a value low as a rate to the total quantity of light which passes a component.

[0157] The count result of the theoretical diffraction efficiency of the hologram component 521 is shown in drawing 19 based on the analysis of "bell system technology Jay" (H. Kogelnik, (Bell Syst.Tech. J., 48 and 1969, pp.2909-2947)). Diffraction efficiency is the rate of the quantity of light diffracted in the primary direction over the total amount of incident light. The various parameters of a diffracted-light study component are collectively shown in Table 1.

[Table 1]

	屈折率差 $\Delta n(N_e-N_o)$	平均屈折率 $N_e-N_o/2$	格子ピッチ ( $\mu m$ )	回折格子厚さ ( $\mu m$ )	入射波長 ( $\mu m$ )	ブラッグ角 ( $^\circ$ )
$\pi 1$	0.083	1.593	1.323	10	0.55	12
$\pi 2$	0.145	1.591	1.323	10	0.55	12

[0158] In drawing 19, (a) is a dependency whenever [ change / of diffraction efficiency when whenever / incident angle / shifts from the Bragg angle / , i.e. incident angle of diffraction efficiency, ], and (b) shows change, i.e., the incident wave length dependency of diffraction efficiency, when incident wave length shifts from a design value.

[0159] It is equivalent to effectiveness when the flux of light which carries out incidence to the hologram component 521 about the angular dependence of drawing 19 (a) shifts from parallel light (when an incident angle shifts from a predetermined include angle), and



corresponds to examination of the effectiveness at the time of the lighting by the source of the white light etc. about the incident wave length dependency of drawing 19 (b). It is expectable by setting up various parameters suitably that theoretical diffraction efficiency obtains 1, i.e., about 100% of high diffraction efficiency, to be shown in this drawing. Moreover, according to this drawing, about wavelength, a property is a flat to near  $\sim 100\text{nm}$ , and high effectiveness can be expected also to the white light.

[0160] In addition, although 90 degrees of optical axis of the optical medium 522 which constitutes the hologram component 521 inclined between adjacent layers and the case where a refractive-index difference was the largest was shown by drawing 18, it is also possible to set a refractive-index difference as the mean value of  $N_o$  from  $N_e$  by setting this include angle as arbitration. Moreover, it is also possible by choosing the refractive-index distribution using this to adjust diffraction efficiency.

[0161] Moreover, a configuration which shifts the direction which divides the field of the hologram component 521 into some, and diffracts it, respectively is also possible.

[0162] Furthermore, R:red (0.65 micrometers), G which constitute the white light : Green (0.55 micrometers) The layer which has different periodic structure according to each of each main wavelength of blue (0.45 micrometers) extent, an include angle, etc. is formed, and the laminating of these is carried out. B : constitute the hologram component 521 or Or a configuration which eases the effect of wavelength dispersion or angular dependence is also possible by superimposing such structures and recording in the hologram component 521.

[0163] Next, the production approach of the hologram component 521 is explained.

[0164] First, ITO is formed as a transparent conductive electrode on one pair of each glass substrates.

[0165] Next, after washing these substrates and removing adhering dust, it heat-treats by applying the orientation film which consists of a macromolecule, for example, polyimide, with a spin coat method etc., and the orientation film is formed on a substrate.

[0166] Then, after performing rubbing processing of the specific direction to the above-mentioned orientation film with a roller etc., a seal is printed around one substrate and it is made to distribute a bead with a diameter of 5 micrometers – about 20 micrometers to the substrate of another side. These two substrates are stuck so that the direction of rubbing may become a pair mutually, and an empty cel is constituted.

[0167] The liquid crystal which has a forward dielectric anisotropy is injected into the above-mentioned empty cel as an optical medium 522 which has a refractive-index anisotropy. In addition, it is also possible to use the liquid crystal which has a negative dielectric anisotropy. A thing with the property that the photopolymerization nature liquid crystal monomer or the liquid crystal polymer for which a bridge can be constructed [ optical ] was contained, liquid crystal hardens by the optical exposure of the wavelength of the ultraviolet region around 360nm more in detail, and the direction of a liquid crystal molecule is fixed is used for the above-mentioned liquid crystal. Although the above-mentioned impregnation can also be performed in an atmospheric-air ambient atmosphere at a room temperature, you may carry out pouring in in a 40 degrees C – about 60 degrees C elevated temperature and a vacuum etc.

[0168] If an inlet and near degassing opening are closed with encapsulant to the cel after pouring in liquid crystal, a liquid crystal sample will be completed.

[0169] An interference fringe is exposed to the liquid crystal sample produced as mentioned above.

[0170] First, exposure by the interference fringe as 1st exposure process is performed by arranging the above-mentioned liquid crystal sample in the production location (position of an aligner) of optical system, and closing a shutter in the condition that the shutter for adjusting the exposure time is closed and there is no optical exposure, time amount [ predetermined ], for example, after opening wide a grade for 1 minute.

[0171] The wavelength outputted as the light source for forming the above-mentioned interference fringe from Ar (argon) laser whose exposure reinforcement is 50mW – about 100mW, for example can use the laser beam around 360nm. After extending this laser beam with a beam with a diameter of 30mm – about 50mm with a beam expander etc., a beam splitter etc. divides into a 2-way, an interference fringe is formed through the optical path set up combining the mirror etc., and a liquid crystal sample is irradiated. It is made for this interference fringe to become for example, 1-micrometer pitch extent by adjusting the above-mentioned mirror etc. in the location where the liquid crystal sample has been arranged.

[0172] The liquid crystal of the field which belongs to a bright section with the optical high reinforcement in the interference fringe formed in the liquid crystal sample of interference of the 2 flux of lights of laser by the above-mentioned exposure hardens, and a molecule shaft is fixed in the direction in which orientation of the liquid crystal molecule was carried out in early stages with the orientation film. That is, when using the liquid crystal which has a forward dielectric anisotropy as mentioned above, for example, in early stages, orientation of the liquid crystal molecule is uniformly carried out in the direction parallel to a glass substrate, and this condition will be saved in the field of the bright section of an interference fringe. On the other hand, in the field of the umbra of an interference fringe, since it is low compared with a bright section, optical reinforcement hardly hardens a liquid crystal molecule at this 1st exposure process.

[0173] Next, the alternating current electric field of five (v/micrometer) extent are first impressed to the ITO inter-electrode as a transparent conductive electrode formed inside two glass substrates of a liquid crystal sample as 2nd exposure process. It inclines in the direction perpendicularly formed to a glass substrate by the liquid crystal molecule which is not hardened [ of the field which was the umbra of said interference fringe ] by this electric-field impression. Since the include angle of the inclination at this time is proportional to the electric field to impress, whenever [ desired tilt-angle ], i.e., a refractive-index difference, can be given by adjusting the magnitude of electric field.

[0174] By interrupting one side of the laser beams which are in the condition which impressed the electrical potential difference as mentioned above, for example, were divided by the beam splitter, the grade exposure of the light of uniform intensity distribution in which an interference fringe is not formed is carried out, for example for 5 minutes all over a liquid crystal sample, and the whole field which was the umbra which is not hardened [ said ] is stiffened completely.

[0175] The hologram component 521 which has structure as shown by drawing 18 by performing the 1st above exposure process and the 2nd exposure process is produced.

[0176] Moreover, the cel was produced using the glass substrate which formed a transparent electrode like ITO here, and by impressing electric field in the 2nd exposure stroke explained the case where the direction of a liquid crystal molecule was changed from an initial valve position. It is also possible to change the direction of a liquid crystal molecule by impression of a field, to perform the 2nd exposure process, not using a transparent electrode as other approaches, and to produce the hologram component 521.

[0177] Furthermore, how to set up and expose the polarization direction of Ar laser to irradiate so that 90 degrees may differ in the 1st exposure process and the 2nd exposure process is also considered. When the linearly polarized light is irradiated as the light source to poly membranes, such as orientation film, the molecule which has turned the principal chain (or side chain) in the polarization direction out of the macromolecule which is carrying out orientation at random mainly absorbs light, and an optical anisotropy discovers the photoreaction on a lifting and its film. In polymeric materials etc., it is controllable by the include angle which the polarization direction where the photoreaction process (photoisomerization, photopolymerization, photolysis) of the macromolecule is irradiated and



macromolecule of light make.

[0178] Therefore, it is also possible to perform setup of the orientation condition in early stages of liquid crystal, migration of the liquid crystal molecule in the 1st and 2nd exposure process, etc. by controlling the polarization direction of the light of the ultraviolet region which constitutes an interference fringe here.

[0179] When the polarization direction which carries out incidence of the diffraction efficiency of the component produced as mentioned above using helium-Ne laser was changed and was measured, the permeability to an ordinary ray is just over or below 98%, and had high permeability. Moreover, the diffraction efficiency to the primary direction over an extraordinary ray is also about 90%, and the good result was obtained. Therefore, it was checked that the diffracted-light study component produced here has a high polarization separation property and diffraction efficiency.

[0180] In addition, the thing for which the optically uniaxial crystal which has the electro-optical effects, such as lithium niobate, and KD2 PO4, beta-BaB 2O4, PLZT, etc. other than liquid crystal is used as an optical medium which has a refractive-index anisotropy — possible — moreover, KTiPO4 etc. — by using the medium which has various refractive-index anisotropies including the optical crystal of biaxial nature etc., it is also possible to acquire the same effectiveness.

[0181] (Gestalt 2-2 of operation) Other examples of the polarization separation component constituted using the hologram component are explained.

[0182] As this polarization separation component 530 is shown in drawing 20, the same hologram component 532 is formed in the front face of a total reflection mirror 531 as the gestalt 1 of said operation or the gestalt 2-1 of operation showed. Here, when the hologram component of the gestalt 1 of operation is used, it is used where a predetermined electrical potential difference is impressed between ITO(s).

[0183] To the optical axis of a reflector 534 which reflects the light from the lamp 533 of the light source, the above-mentioned total reflection mirror 531 and the hologram component 532 are arranged so that the include angle whose normal is 45 degrees may be made.

[0184] the account of a top — the light (it considers as S polarization light) which has the polarization direction in the direction perpendicular to the space of this drawing serves as an ordinary ray, and this hologram component 532 is arranged so that the light (it considers as P polarization light) which has the polarization direction in the direction parallel to space may serve as an extraordinary ray. Moreover, this hologram component 532 makes the extraordinary ray which carried out incidence by the 45-degree incident angle diffract so that it may become a slightly larger outgoing radiation angle than 45 degrees, and it is set up so that outgoing radiation may be carried out.

[0185] Thus, by being constituted, to the hologram component 532, as the gestalt of said the operation of each explained, S polarization light which be an ordinary ray be influenced of the refractive-index distribution which consist of periodic structure of a component, but show the same property as the time of passing the medium of an isotropic uniform refractive index. So, the hologram component 532 is penetrated as it is, it is reflected by the total reflection mirror 531, and S polarization light penetrates and carries out outgoing radiation of the hologram component 532 again. That is, by the total reflection mirror 531, 90 degrees of travelling directions are bent and they carry out outgoing radiation of the S polarization light.

[0186] On the other hand, to the hologram component 532, refractive-index distribution of the periodic structure formed in the hologram component 532 becomes irregular, and P polarization light which is an extraordinary ray is diffracted, and carries out outgoing radiation on a slightly larger outgoing radiation square as mentioned above than 45 degrees.

[0187] Therefore, the light by which outgoing radiation was carried out through the reflector 534 is separable into the outgoing radiation light from which a travelling direction differs slightly with S polarization light and P polarization light from a lamp 533 with this polarization separation component 530.

[0188] (Gestalt 3-1 of operation) The example of the polarization sensing element constituted using the polarization separation component of the gestalt 2-2 of said operation is explained. The polarization direction from the light source arranges and outputs a random light to the polarization light of a predetermined direction, and this polarization sensing element is used for polarization lighting systems, such as a liquid crystal display component of a polarization mold, etc.

[0189] Drawing 21 is the explanatory view showing the configuration of the polarization lighting system containing the polarization sensing element 540.

[0190] As a lamp 533, a fluorescent lamp, a xenon lamp and a metal halide lamp, a mercury lamp, LED and FED, a laser beam, inorganic, or an organic EL device is used. The light from a lamp 533 turns into abbreviation parallel light by the reflector 534, and carries out outgoing radiation. Incidence of this abbreviation parallel light is carried out to the polarization separation component 530, as the gestalt 2-2 of operation explained, it dissociates so that travelling directions may differ slightly with S polarization light and P polarization light, and outgoing radiation of it is carried out from the polarization separation component 530.

[0191] Incidence of S polarization light and P polarization light which carried out outgoing radiation from the polarization separation component 530 is carried out to each lens 542a of the 1st lens group (eye lens of the 1st fly) 542 which constitutes an integrator 541, respectively, and it is condensed by mutually different predetermined field in each lens 543a of each lens and the 2nd lens group (eye lens of the 2nd fly) 543 which makes 542a pair according to each incident angle.

[0192] While being set as the field which carries out each lens 543a in general for 2 minutes, as for the predetermined field where the above-mentioned S polarization light and P polarization light are condensed, the phase contrast plate 544 which is 1/2 wavelength plate is periodically formed in the rear-face side (travelling direction side of light) of each lens 543a in the field to which P polarization light is condensed. Then, while carrying out outgoing radiation of the S polarization light which carried out incidence to the 2nd lens group 543 as an S polarization light as it is, through the phase contrast plate 544, 90 degrees of P polarization light rotate, and the polarization direction is changed into S polarization light, and carries out outgoing radiation of them. That is, any polarization light is arranged with S polarization light, and carries out outgoing radiation.

[0193] Incidence of this S polarization light is carried out to the image display component (light valve) 547 as the in general parallel flux of light through the field lens 545 and a condenser lens 546, and it is used for image display.

[0194] It was confirmed that efficiency for light utilization improves by about 1.2 to 1.6 times when the hologram component 532 and the phase contrast plate 544 perform polarization conversion, and the function of the polarization sensing element 540 using the above-mentioned hologram component 532 is excellent in the case where it does not use with the case where the above hologram components 532 and the phase contrast plate 544 are used when the quantity of light which carries out incidence to the image display component 547 is measured.

[0195] (Gestalt 3-2 of operation) The example of the polarization sensing element which the polarization separation component explained with the gestalt 3-1 of said operation is prepared into the optical path between the 1st lens groups and the 2nd lens groups which constitute an integrator, and arranges the polarization direction is explained. In addition, in the gestalt of this operation etc., about the component which has the same function as the gestalt 3-1 grade of said operation, the same sign is attached suitably and

detailed explanation is omitted.

[0196] Drawing 22 is the explanatory view showing the configuration of the polarization lighting system containing the polarization sensing element 545.

[0197] Incidence of the abbreviation parallel light from a reflector 534 is carried out to the polarization separation component 530 through the 1st lens group 542 which constitutes an integrator 541. As the gestalt 2-2 of operation explained, it dissociates so that travelling directions may differ slightly with S polarization light and P polarization light, and outgoing radiation of the flux of light which carried out incidence to the polarization separation component 530 is carried out from the polarization separation component 530.

[0198] S polarization light and P polarization light which carried out outgoing radiation from the polarization separation component 530 are condensed by the field in each lens 543a of the 2nd lens group (eye lens of the 2nd fly) 543 which constitutes an integrator 541 where the phase contrast plate 544 is formed in the rear-face side, or the field which is not prepared, respectively. Then, like the gestalt 3-1 of said operation, while carrying out outgoing radiation of the S polarization light as an S polarization light as it is, through the phase contrast plate 544, 90 degrees of P polarization light rotate, and the polarization direction is changed into S polarization light, and carries out outgoing radiation of them. That is, any polarization light is arranged with S polarization light, and carries out outgoing radiation.

[0199] Thus, efficiency for light utilization can be raised by the constituted polarization sensing element 545 as well as the gestalt 3-1 of operation.

[0200] (Gestalt 3-3 of operation) The example of other polarization sensing elements for which the same hologram component as the gestalt 1 of said operation or the gestalt 2-1 of operation showed was used is explained.

[0201] Drawing 23 is the explanatory view showing the configuration of the polarization lighting system containing the polarization sensing element 550. Between the same hologram components 551 and total reflection mirrors 531, the phase contrast plate 551 which is a quarter-wave length plate is formed, and the polarization sensing element 550 of this polarization lighting system is constituted as the gestalt 1 of said operation or the gestalt 2-1 of operation showed.

[0202] Incidence of the light wave containing P polarization light and S polarization light from a lamp 533 is carried out to the hologram component 551, and P polarization light is diffracted according to refractive-index distribution of a diffracted-light study component etc., as the gestalt 1 grade of operation explained, it has a course bent and carries out outgoing radiation in the direction shown with the alternate long and short dash line of this drawing.

[0203] On the other hand, the hologram component 551 is penetrated as it is, and it is reflected by the total reflection mirror 531 through the phase contrast plate 552, and the 90 degrees of the polarization directions will change to the time of incidence in the process in which a phase plate 552 is passed again, and incidence of the S polarization light will be carried out to the hologram component 551 as a P polarization light. Although the direction of incidence at this time becomes settled by arrangement with a total reflection mirror 531 and a reflector 534, as it becomes the conditions [ conditions / of Bragg / over the periodic structure where this was formed in the interior of the hologram component 551 / diffraction ] shifted, it is made to penetrate without reflecting the light in which the hologram component 551 carried out incidence. That is, if the incident angle to a hologram component shifts from a predetermined include angle to some extent as said drawing 19 (a) explained the angular dependence of diffraction efficiency, effectiveness may almost be set to 0, and may be not producing a diffraction operation but penetrating, and the above-mentioned predetermined include angle can be set up according to the formation conditions of a diffracted-light study component. Then, it is reflected by the total reflection mirror 531 and the flux of light changed into P polarization light by the phase contrast plate 552 can penetrate the hologram component 551 as it is, without diffracting. In addition, it is possible to make it also make it in agreement with the propagation direction of P polarization light which was made to diffract and was directly diffracted with said hologram component 551 in general.

[0204] As mentioned above, as for the light wave from a lamp 533, P polarization light is diffracted by the hologram component 551, and S polarization light which penetrated the hologram component 551 can acquire the abbreviation parallel flux of light to which the polarization direction was equal by penetrating and carrying out outgoing radiation of a total reflection mirror 531 and the back hologram component 551 changed into P polarization light by the phase contrast plate 552.

[0205] When efficiency for light utilization was searched for like the gestalt 3-1 of operation about the above-mentioned polarization lighting system, compared with the case where the hologram component 551 and the phase contrast plate 552 are not used, about 1.2 to 1.5-time efficiency for light utilization was able to be acquired.

[0206] Moreover, according to the above configurations, since polarization conversion can be made to perform only by the simple laminated structure of a hologram component, the phase contrast plate 552, and a total reflection mirror 531, combination with the optical system of an integrator etc. is easy, and usable to broad optical-system equipment. Since what is necessary is just to use the mirror which replaced with the mirror and was equipped with the hologram component in applying to the equipment beforehand equipped with the clinch mirror like the color picture display which is equipped with two dichroic prisms and performs color separation and color composition especially, efficiency for light utilization can be raised without causing the increment in components mark etc.

[0207] (Gestalt 3-4 of operation) The example of the polarization sensing element of further others for which the same hologram component as the gestalt 1 of said operation or the gestalt 2-1 of operation showed was used is explained.

[0208] The polarization lighting system containing the polarization sensing element 560 as shown in drawing 24 was constituted using the same hologram component 561, 562 of two sheets as the gestalt 1 of said operation or the gestalt 2-1 of operation showed.

[0209] Incidence of the flux of light containing P polarization light and S polarization light from a lamp 533 is carried out to the hologram component 561 through a reflector 534, and S polarization light is penetrated as an abbreviation parallel light as it is. Moreover, P polarization light is diffracted by the principle stated in the gestalt 1 grade of operation by the hologram component 562 so that the 90 degrees of the propagation directions may change in general.

[0210] Incidence of this light wave is further carried out to the hologram component 562, it is diffracted similarly here, and the propagation direction carries out outgoing radiation so that it may become in general equal to the direction of the flux of light reflected from the early reflector 534. Then, the phase contrast plate 563 which is 1/2 wavelength plate is penetrated, the 90 degrees of the polarization directions rotate and they carry out outgoing radiation as an S polarization light wave. That is, outgoing radiation of the light wave which was emitted from the lamp 533 and diffracted with the hologram component 561 is carried out as the abbreviation parallel flux of light to which the light wave which penetrated the hologram component 561, and the polarization direction were equal with the diffracted-light study component 562 and the phase contrast plate 563.

[0211] When the rate of reuse of the light wave in the hologram component 562 of the above polarization lighting systems was measured, the flux of light changed into S polarization light whose percentage on the strength is about 90% in general to the flux of light from the hologram component 561 as the flux of light from the hologram component 562 was acquired.

[0212] The advantage of using the hologram component 561, 562 as mentioned above is that it is possible to set the separation angle in the case of performing polarization separation as arbitration. That is, like usual, when you try to make it perform polarization separation

combining a polarization beam splitter and a total reflection mirror, in order to bend the 90 degrees of the propagation directions, it is necessary to lean 45 degrees of reflectors to incident light (equivalent to  $\theta$  in drawing 24). Therefore, the magnitude of the reflector and the magnitude of the part equivalent to an inclination are needed in the depth direction, and the constraint in the thickness direction becomes large in the equipment using the polarization lighting system.

[0213] On the other hand, when a hologram component is used as mentioned above Since it is possible to set polarization part elongation as arbitration according to the refractive-index distribution formed in the interior, While becoming possible to lean and arrange a diffracted-light study component at 45 degrees or less to a perpendicular flat surface to incident light and being able to set up  $\theta$  in drawing 24 at the small include angle of 45 degrees or less Since polarization conversion optical system can be constituted from arranging the hologram component of each other in a pair in parallel, the magnitude of the depth direction can be decreased sharply. For this reason, the configuration in a thin shape is attained and the polarization light by which polarization conversion was carried out can realize compact systems (a lighting system, image display device, etc.) in combination with illumination-light study systems, such as an integrator by which incidence is carried out.

[0214] (Gestalt 3-5 of operation) The same hologram component is used and the example of the polarization sensing element which arranges the polarization direction of the light outputted from the integrator which has the 1st lens group and the 2nd lens group is explained as the gestalt 1 of said operation or the gestalt 2-1 of operation showed.

[0215] The same hologram component 571,572 as the gestalt 1 of said operation or the gestalt 2-1 of operation showed was made into the pair, as shown in drawing 25, two or more sets have been arranged, and the polarization lighting system containing the polarization sensing element 570 was constituted. In addition, this drawing shows the example which constituted the projection mold image display device combining the image display component 577 or the projector lens 578 grade.

[0216] Incidence of the light wave containing P polarization light transmitted from the 1st lens group in an integrator which is not illustrated and S polarization light is carried out to the 2nd lens group 571, and it has the flux of light extracted and carries out incidence to the hologram component 572 corresponding to each lens 571a of the 2nd lens group 571. Penetrating S polarization light as it is here, P polarization light is diffracted and carries out incidence to the next hologram component 572. And it diffracts further here and spreads in the direction in general equal to previous S polarization light, and 90 degrees rotates, and the polarization direction is changed into S polarization light by the phase contrast plate 574 which is  $1/2$  wavelength plate, and carries out outgoing radiation with it.

[0217] The polarization direction is arranged and outgoing radiation of the light wave which was performed for every group of the each hologram component 572,573 and the phase contrast plate 574 with which these processes have been arranged at plurality, and passed the 2nd lens group 571 is carried out. Moreover, in order to extract and use the flux of light combining an integrator, the width of face of the flux of light from the light source also becomes possible [ performing polarization conversion ], without changing a lot.

[0218] After it carries out incidence of the flux of light with which the polarization direction was arranged as mentioned above to the image display components 578, such as a liquid crystal display component of a polarization mold, as the parallel flux of light with the field lens 575 and a condenser lens 576 and intensity modulation is carried out for every pixel, expansion projection of it is carried out on a screen 579 with the projection lens 579.

[0219] About the case where it does not carry out with the case where the above polarization sensing elements 570 perform polarization conversion, when the brightness on a screen was measured, when polarization conversion was performed, brightness was increasing about 30%, and the bright image was able to be obtained.

[0220] (Gestalt 3-6 of operation) The example of the polarization sensing element of further others for which the same hologram component as the gestalt 1 of said operation or the gestalt 2-1 of operation showed was used is explained.

[0221] One pair of the same polarization sensing elements 560 as the gestalt 3-4 of said operation are formed so that it may be applicable to the optical axis of a reflector 534, and you may make it constitute the polarization sensing element 590, as shown in drawing 26. Thus, since a reflector 534 is arranged for example, in the center of the cross direction of a polarization lighting system by constituting and equal space is formed in both sides, arrangement of other components in the equipment with which this polarization lighting system is applied etc. becomes easy.

[0222] (Gestalt 4-1 of operation) The example which constituted the projection mold image display device constituted using the polarization separation component 510 of the gestalt 2-1 (drawing 13) of said operation is explained. As a hologram component which constitutes the above-mentioned polarization separation component 510, what was shown with the gestalt 1 of operation or the gestalt 2-1 (drawing 10, 18 grades) of operation is applicable. Here, when the hologram component of the gestalt 1 of operation is used, it is used where a predetermined electrical potential difference is impressed between ITO(s).

[0223] The projection mold image display device 600 is equipped with a lamp 533, a reflector 534, the polarization separation component 510, and the polarization lighting system 601 that consists of integrators as shown in drawing 27. Reflect the output flux of light from a lamp 533 by the reflector 533, and the polarization separation component 510 and an integrator 541 are minded for the output flux of light beta after reflection. For example, an image is displayed by carrying out expansion projection of the flux of light by which was made to carry out incidence to the image display components 547, such as a transparency mold liquid crystal panel, and intensity modulation was carried out on a screen (un-illustrating) with the projection lens 602.

[0224] Next, the polarization separation component 510 and integrator which are used for this projection mold image display device 600 are explained. While the polarization separation component 510 used by this invention consists of the 1st hologram component 511 and the 2nd hologram component 512, makes P polarization light go straight on and is made to penetrate at 0 degree of output angles as the gestalt 2-1 of operation explained, it outputs S polarization light on the output square of  $-7$  degrees of abbreviation.

[0225] moreover, every which constitutes the 1st lens group (eye lens of the 1st fly) 542 — every from which the 1st microlens constitutes the 2nd lens group (eye lens of the 2nd fly) 543, respectively — image formation of the image of a lamp is carried out to the 2nd lens. Image formation of P polarization light gamma and the S polarization light delta is carried out to a different location in that case. For example, the phase contrast plate 544 which is  $1/2$  wavelength plate ( $\lambda/2$  plate) as a plane-of-polarization rotation means is formed, and S polarization light delta which penetrated this phase contrast plate 544 is changed into abbreviation P polarization light, and is outputted to the part in which S polarization light delta carries out image formation. In addition, it is determined by the polarization direction of the polarizing plate with which the image display component 547 is equipped whether to rotate plane of polarization to which polarization component of P polarization light gamma and the S polarization light delta.

[0226] The homogeneity of the brightness of a display image is secured by [ of a display image field / in / for the image of each microlens with which the above-mentioned 2nd lens group 543 constitutes the 1st lens group 542 / the image display component 547 ] carrying out image formation over the whole surface mostly.

[0227] By constituting the above polarization lighting systems 601, the unpolarized light outputted from a lamp 533 can be efficiently changed into P polarization light, and it becomes possible to realize high projection effectiveness. Moreover, production can constitute the above polarization separation components 510 easily and cheaply. Moreover, since the dimension of the direction of an optical axis

is small, the polarization separation component 510 can constitute easily the polarization separation component which has high separation efficiency compactly. Moreover, the projection mold image display device of high efficiency for light utilization is easily realizable by using the above polarization separation components.

[0228] In addition, if arrangement of a lamp 533 and a reflector 534 is changed, polarization sensing-element 530 grade as shown in the gestalt 3-1 to 3-3 ( drawing 21 -23) of operation can also be used.

[0229] Moreover, as the above-mentioned lamp 533, although a metal halide lamp, a halogen lamp, a xenon lamp, an extra-high pressure mercury lamp, etc. can be used, it is desirable that luminescence area size uses a small thing.

[0230] (Gestalt 4-2 of operation) It has the optical element of three image display components of a transparency mold, and color-separation systems and color composition systems, and the example of the image display device of the so-called projection mold of 3 plate methods which can display a color picture is explained.

[0231] The color composition system element 620 of the color-separation system element 610 shown in drawing 28 (a) caudad shown in drawing 28 (b) is formed, and this image display device is constituted.

[0232] The above-mentioned color-separation system element 610 is equipped with the polarization lighting system 601 containing the same polarization sensing element as the gestalt 4-1 of said operation showed, a dichroic prism 611, and total reflection mirrors 612-614, is constituted, and decomposes into the light of each wavelength of R (red), G (green), and B (blue) the light outputted from the polarization lighting system 601. On the other hand, the color composition system element 620 is equipped with total reflection mirrors 621-623, the image display components 624-626, a dichroic prism 625, and a projector lens 628, is constituted, and after the light of each wavelength drawn from the color-separation system element 610 passes the image display components 624-626, color composition is performed and it projects an image on a screen 629 with a projector lens 628.

[0233] In this image display device, mostly, as having been outputted through the reflector 534 from the lamp 533 explained [ the parallel flux of light ] with the gestalt 4-1 of said operation, while the polarization direction was arranged by the polarization separation component 510 and the integrator 541, after making it maintained at the homogeneity in the field of the flux of light, incidence is carried out to a dichroic prism 611. The filter of the wavelength of each band has composition formed in the interior, corresponding to said wavelength filter, it is decomposed into the light corresponding to each wavelength of R, G, and B which are the three primary colors of a color, and this dichroic prism 611 carries out outgoing radiation of the white light from the polarization lighting system 601 in the direction shown by the arrow head all over this drawing, respectively. Here, although this has the same function as the case where the dichroic mirror of a two-sheet configuration is used, since disassembly of a color is possible, the above-mentioned dichroic prism 611 can constitute a compact display, without using space large for a prism configuration.

[0234] It is reflected by total reflection mirrors 612-624, and the light of each color which carried out outgoing radiation from the above-mentioned dichroic prism 611 is led to the color composition system element 620 by the side of a lower part. After 90 degrees of travelling directions change total reflection mirrors 621-623 with \*\* in general, it is reflected and intensity modulation of the light of each color led to tone shaping \*\*\*\* 620 from the color-separation system element 610 is carried out by the image display components 624-626 of the transparency mold corresponding to the light of each color, incidence of it is carried out to a dichroic prism 627. This dichroic prism 627 has a function contrary to said dichroic prism 611, performs color composition of light which divided and carried out incidence to the light of each color of R, G, and B, respectively, and the compounded light is turned in the direction of \*\* and a projector lens 628, and it carries out outgoing radiation. With the projection lens 628, it is projected on the light which carried out outgoing radiation from the dichroic prism 627 on a screen 629, and it is displayed as an expanded image.

[0235] By preparing the polarization sensing element which arranges the polarization direction of the flux of light outputted from the reflector 534 as mentioned above, efficiency for light utilization can be raised and the image display device which can display a bright image can be constituted.

[0236] In addition, when applying a polarization sensing element etc. to the image display device which displays a color picture as mentioned above, it is in charge of production of a hologram component, and you may make it use the thing of the structure which carried out multiplex exposure by the interference fringe of the light by red, green, and blue light, or carried out the laminating of the hologram component optimized to the diffraction of the light of each color.

[0237] Moreover, it replaces with the above-mentioned polarization separation component 510 and the phase contrast plate 544, and even if it uses polarization sensing-element 560 grade as shown in the gestalt 3-4 to 3-6 ( drawing 24 -26) of said operation, high efficiency for light utilization can be acquired similarly.

[0238] Moreover, even if it arranges the above polarization sensing-element 550 grades between an integrator 541 and a dichroic prism 611, they can acquire the same effectiveness. Moreover, you may make it prepare three polarization sensing elements (and integrator) which made the polarization sensing-element 550 grade correspond to the light of each color between a dichroic prism 611 and the image display components 624-626 (i.e., after color separation was carried out). In this case, since it is made to correspond to the light of each color and a polarization sensing element is prepared according to an individual, what was optimized so that the effect of wavelength dispersion might be reduced as a hologram component according to the wavelength of each color, i.e., that [ in which the periodic structure corresponding to each wavelength was formed ] ??? etc., can be used, and efficiency for light utilization can be raised further. Moreover, you may make it form an integrator after a dichroic prism 611 similarly.

[0239] Moreover, if arrangement of a lamp 533 and a reflector 534 is changed, polarization sensing-element 540 grade as shown in the gestalt 3-1 to 3-3 ( drawing 21 -23) of operation can also be used.

[0240] Even if it is the case where a reflector is prepared by the same arrangement as drawing 28 , a polarization sensing element Moreover, between a dichroic prism 611 and the image display components 624-626, namely, in preparing three polarization sensing elements (and integrator) made to correspond to the light of each color after color separation was carried out The above polarization sensing elements can be applied and the total reflection mirror 612 grade for leading the light of each color to tone shaping \*\*\*\* 620 from the color-separation system element 610 can be made to serve a double purpose as a total reflection mirror 531 of a polarization sensing element in this case. And what was doubled with the wavelength of each color as a hologram component can also be used as mentioned above.

[0241] In addition, the brightness on the screen of the image by which color composite was carried out when a polarization sensing element was prepared into each path after actually carrying out color separation was able to be made to increase about 30% compared with the case where a polarization sensing element is not used. As for this, the same was said of the above transparency molds and the reflective mold mentioned later in general. Thus, the polarization conversion using a diffracted-light study component is effective also to color display.

[0242] Moreover, since the dependency of the polarization property by whenever [ incident angle / of a phase plate ] is amended in the configuration shown by drawing 23 , it is also possible to use a means to change the thickness of the phase plate in a field.

[0243] (Gestalt 4-3 of operation) The example of the image display device of the projection mold of 3 plate methods which can display a color picture with the gestalt 4-2 of said operation and a similar configuration using the image display component of a reflective mold

is explained.

[0244] The color composition system element 630 of the color-separation system element 610 shown in drawing 29 (a) caudad shown in drawing 29 (b) is formed, and this image display device is constituted.

[0245] The same thing is used as the gestalt 4-2 of said operation showed the above-mentioned color-separation system element 610. On the other hand, the point that replace the color composition system element 630 with total reflection mirrors 621-623 compared with the gestalt 4-2 of operation, and polarization beam splitters 631-633 are formed differs from the point that replace with the image display components 624-626 of a transparency mold, and the image display components 634-636 of a reflective mold are formed.

[0246] Although the above-mentioned polarization beam splitters 631-633 reflect only the light of the predetermined polarization direction, since it is the light with which the polarization direction was arranged by the polarization sensing element, all light is reflected in general and they carry out incidence of the light actually drawn from the color-separation system element 610 to the image display components 634-636. The modulation of the above-mentioned polarization direction is changed into intensity modulation, and the light which carried out incidence to the image display components 634-636 is visualized, when the polarization direction is modulated and reflected according to each color specification image, incidence is again carried out to polarization beam splitters 631-633 and only the light of the predetermined polarization direction penetrates. Then, color composition is performed by the dichroic mirror 637 like the gestalt 4-2 of operation, and it is projected on an image by the screen 629 with a projector lens 628.

[0247] Also in the image display component of the above reflective molds, by preparing the polarization sensing element which arranges the polarization direction of the flux of light too outputted from the reflector 534, efficiency for light utilization can be raised and the image display device which can display a bright image can be constituted.

[0248] Moreover, in this image display device, various deformation which was explained with the gestalt 4-2 of said operation is possible similarly.

[0249] (Gestalt 5-1 of operation) The example of the image display device equipped with the hologram component is explained.

[0250] The hologram component 702,703 which is a diffracted-light study component is formed in both sides of a liquid crystal device 701, the light source 704 which has lamp 704a and reflector 704b in these tooth-backs side is established, and the image display device is constituted, as shown in drawing 30.

[0251] Here, let light which has the polarization direction for the light which has the polarization direction in the direction parallel to the space of a drawing in the direction perpendicular to P polarization light and space be S polarization light in the following explanation.

[0252] As lamp 704a of the above-mentioned light source 704, a fluorescent lamp, a xenon lamp and a metal halide lamp, a mercury lamp, LED and FED, a laser beam, inorganic, or an organic EL device can be used, for example. Outgoing radiation of the light emitted from lamp 704a is carried out as an abbreviation parallel light by reflector 704b. As for this light source light, P polarization light and S polarization light are contained.

[0253] The twist pneumatic liquid crystal which can twist the 90 degrees of the directions of a liquid crystal molecule, and consists of plane-of-incidence [ of light ] and outgoing radiation side sides as the above-mentioned liquid crystal device 701, for example is used. The transparent electrode (un-illustrating) formed by the predetermined pattern is prepared in this liquid crystal device 701, and an electrical potential difference can be impressed now to liquid crystal for every pixel. So, in the pixel (ON) by which sufficient predetermined electrical potential difference (only electrical potential difference which can switch liquid crystal completely) is impressed to liquid crystal, torsion of a liquid crystal molecule is cleared and will be stood by the liquid crystal molecule isotropic to the plane of incidence of light (HOMEOTORO pick). For this reason, a liquid crystal device 701 is passed, with that polarization condition maintained, without the polarization direction receiving a modulation, if P polarization light carries out incidence to that pixel. On the other hand, in the pixel (OFF) by which the electrical potential difference is not impressed to liquid crystal, as for the liquid crystal molecule, 90 degrees is [ the sense of a liquid crystal molecule ] in the distorted condition from plane of incidence in the thickness direction to an outgoing radiation side. Then, if P polarization light carries out incidence to the pixel, the P polarization light will rotate 90 degrees of the plane of polarization according to the twist pneumatic effectiveness which originates a liquid crystal device 701 in torsion of liquid crystal while passing through from plane of incidence to an outgoing radiation side. Therefore, after passing an OFF pixel, it becomes S polarization light and outgoing radiation will be carried out.

[0254] Moreover, the hologram component same as the above-mentioned hologram component 702,703 is used as the gestalt 1 of said operation or the gestalt 2-1 of operation showed, for example. Here, when the hologram component of the gestalt 1 of operation is used, it is used where a predetermined electrical potential difference is impressed between ITO(s). This hologram component 702,703 has the property which a diffraction operation changes with polarization directions as mentioned above, and shows high diffraction efficiency in the one predetermined direction as a diffraction property.

[0255] Among the light which carried out incidence to the hologram component 702,703, in order that S polarization light may work as a part for abnormality Mitsunari, refractive-index distribution of the periodic structure formed in the hologram component 702,703 becomes irregular, and, specifically, a travelling direction bends and carries out outgoing radiation of it to the upper part in drawing 30. On the other hand, in order that P polarization light may act as a part for usual state Mitsunari to the hologram component 702,703, it is not influenced of the refractive-index distribution which consists of periodic structure of the hologram component 702,703, but shows the same behavior as the case where the medium of an isotropic uniform refractive index is passed. For this reason, P polarization light will pass the hologram component 702,703 as it is.

[0256] Then, if the light containing P polarization light and S polarization light from the light source 704 carries out incidence to the hologram component 702, S polarization light is diffracted as mentioned above, and hardly carries out incidence to a liquid crystal device 701, but only P polarization light will penetrate the hologram component 702, and will carry out incidence of it to a liquid crystal device 701. As mentioned above, by ON pixel, while carrying out outgoing radiation of the P polarization light which carried out incidence to the liquid crystal device 701 with P polarization light, by the OFF pixel, it is changed into S polarization light and it carries out outgoing radiation. That is, the light which carries out outgoing radiation turns into a different polarization light according to ON of the pixel of the passage location, and OFF from a liquid crystal device 701.

[0257] If the light which carried out outgoing radiation from the above-mentioned liquid crystal device 701 carries out incidence to the hologram component 703, like the hologram component 702, S polarization light will be diffracted and only P polarization light will go straight on as it is. That is, the directions which carry out outgoing radiation of the light which passed each pixel of a liquid crystal device 701 from the hologram component 703 according to ON of a pixel and OFF will differ. So, since the light which passed the OFF pixel from the observer of the screen who checks by looking from a normal mostly carries out outgoing radiation of the image display device to the outside of a visual field region according to a diffraction operation of the hologram component 703, while not being checked by looking, the light which passed ON pixel goes the hologram component 703 straight on as it is, enters in an observer's visual field field, and is checked by looking as a \*\* pattern.

[0258] Next, the example of the actually produced image display device is explained.

[0259] In this image display device, it was made to carry out outgoing radiation of the light with a wavelength of about 0.55 micrometers



to a fluorescent lamp as the light source 704 using what let the filter of Green pass. As a liquid crystal device 701, what has the resolution of about 3 inches VGA (640x480) was used. The picture signal was inputted into this, and when [ of the display screen ] mostly observed from the normal (transverse plane), the image according to the picture signal inputted into a liquid crystal device 701 was able to be checked by looking correctly. Contrast was about 10:1. Moreover, when the observation location was moved in the direction (upper part in drawing 30 ) which S polarization light which passed the hologram component 703 diffracts, the image which light and darkness reversed to the previous image was checked by looking. Without intercepting light which carried out incidence corresponding to the OFF pixel by constituting the hologram component 702,703 of the refractive-index distribution pattern which consisted of optical media which have a refractive-index anisotropy as mentioned above combining a liquid crystal device 701 (absorption), by carrying out outgoing radiation out of an observer's visual field, an image can be displayed and an image display device with sufficient visibility can be produced. And generation of heat by the absorption of light does not arise like [ in the case of using a polarizing plate ].

[0260] In addition, the polarization direction of the light which passes liquid crystal according to the electrical potential difference can be set up by controlling the electrical potential difference impressed to each pixel like the middle condition of the above-mentioned P polarization light and S polarization light, i.e., elliptically polarized light. Since the light which carries out incidence to the hologram component 703 at this time is divided into the component which goes straight on according to the applied voltage of each pixel, and the component diffracted, the display of halftone of it is also attained.

[0261] Moreover, although the above-mentioned example explained the twist pneumatic type thing as a liquid crystal device 701, as long as it has the operation which modulates the polarization direction to incident light, the thing of which type may be used. Moreover, the super-twisted-nematic (STN) liquid crystal which has the include angle of torsion 90 degrees or more is available similarly. moreover, the thing from which the liquid crystal molecule is carrying out homogeneous orientation uniformly to the thickness direction, and becomes a homeotropic orientation to impression of electric field — or the same effectiveness can be acquired even if it uses the liquid crystal in VA (Vertical Align) modes, such as what changes from a homeotropic orientation to homogeneous orientation.

[0262] Furthermore, use of the ferroelectric liquid crystal from which the direction of the array of a liquid crystal molecule differs with the polarity of electric field, antiferroelectric liquid crystal, etc. is also possible.

[0263] The above liquid crystal devices 701 are usually the same as that of the liquid crystal panel used as a liquid crystal display. Therefore, the above image display devices can be constituted only from replacing the polarizing plate of a field before and after using it for the liquid crystal device with the hologram component 702,703 of this invention, and since other illumination systems, drive systems, etc. are applicable in the condition as it is, they are very excellent in versatility.

[0264] (Gestalt 5-2 of operation) The image display device as shown in drawing 31 was constituted using the same hologram component 702,703 as the gestalt 5-1 of said operation. That is, arrangement of the light source 704 has been arranged near the bottom of the hologram component 702, and it considered as the so-called configuration of the side light which irradiates light from the slanting side. In addition, the light source 704 used for the fluorescent lamp what prepared the filter of Green like the gestalt 5-1 of operation. About other configurations, it considered as the same thing as the gestalt 5-1 of operation.

[0265] In this image display device, among the light which carried out outgoing radiation from the light source 704, P polarization light penetrates the hologram component 702 as it is, and it does not carry out incidence to a liquid crystal device 701. Moreover, S polarization light is bent in general by 90 degrees to the display screen with the hologram component 702, and carries out incidence to a liquid crystal device 701. The polarization direction is modulated corresponding to the impression signal of a pixel, and incidence of the light which passes a liquid crystal device 701 is carried out to another hologram component 703. Here, S polarization light is diffracted by the upper part in this drawing, and outgoing radiation is carried out out of an observer's viewing area. P polarization light will pass the hologram component 703 as it is, and will be checked by looking by the observer. When it observed from [ of the hologram component 703 direction display screen ] a normal from an observer's location, the image according to the picture signal inputted was checked by looking correctly. Moreover, it was also possible to have observed the scenery of the external world through the hologram component 702,703 from the location near an observer. As mentioned above, simultaneous, it switches, and the image display device constituted as mentioned above can check image display and the scenery of the external world by looking, and is available as the 'so-called see-through type of a display.

[0266] (Gestalt 5-3 of operation) The image display device as shown by drawing 32 was constituted using the same hologram component 702 of one sheet as the gestalt 5-1 of said operation. That is, it did not have the light source in the interior of an image display device, but considered as the configuration which displays an image using an extraneous light like the natural light or indoor light. Moreover, the liquid crystal device 701 used the same thing as the gestalt 1 of operation.

[0267] Below, the display principle of this image display device is explained.

[0268] First, if the extraneous light 710 containing P polarization light and S polarization light carries out incidence to the hologram component 702, a part for P polarization Mitsunari will be penetrated as it is, without becoming irregular with the hologram component 702, and will hardly carry out incidence to a liquid crystal device 701. On the other hand, S polarization light is diffracted with the hologram component 702, and all light carries out incidence to a liquid crystal device 701 in general. The light which carried out incidence to the liquid crystal device 701 passes through the field of each pixel, and is reflected by the mirror 711. This mirror 711 can use what consisted of metals, the thing which consisted of dielectric multilayers. What vapor-deposited aluminum was used for the glass substrate what was actually made.

[0269] It passes through the field of each pixel of a liquid crystal device 701 again, the polarization direction is modulated according to the electrical potential difference impressed to each pixel, and incidence of the light reflected by the mirror 711 is carried out to the hologram component 702. S polarization light which carried out incidence to the hologram component 702 is diffracted by the upper part in this drawing, and outgoing radiation is carried out out of an observer's visual field region. Moreover, in order that P polarization light may penetrate the hologram component 702 as it is, it will be checked by looking by the observer, and an image is checked by looking according to the signal level impressed to each pixel of a liquid crystal device.

[0270] When it is the thing of the lighting of indoor light and the image display device of the reflective mold using the actually produced above mirrors was observed, the image which consists of a pattern of light and darkness was checked by looking. Contrast was about 10:1. Although the source of the white light which is indoor light was used, there was almost no degradation of the image quality by blot of a color etc. Although the diffraction direction will change with wavelength, if S polarization light by which this is diffracted with the hologram component 703 in a return trip sets up an angle of diffraction greatly compared with an observer's viewing area, it will become the outside of a recognition field and the effect of the angle of diffraction by wavelength will be considered because it hardly becomes a problem.

[0271] Therefore, it is possible to recognize an image clearly in the image display device of the reflective mold using the extraneous light constituted as mentioned above, and since an internal back light moreover is not needed, it is suitable for low-power-izing and a miniaturization.



[0272] (Gestalt 5-4 of operation) As shown in drawing 33, the concomitant use type image display device of the extraneous light constituted using the same hologram component 702,703 as the gestalt 5-1 of operation and the internal light source is explained.

[0273] In this image display device, although the hologram component 702,703 is the same as what was shown with the gestalt 5-1 of operation, the hologram component 702 is arranged at the condition of having rotated 90 degrees in the same flat surface, compared with the gestalt 5-1 of operation. So, the hologram component 702 does not show a diffraction operation to S polarization light, but has a diffraction operation to P polarization light. That is, the hologram component 702,703 is constituted so that the dependency of the polarization direction over P polarization light and S polarization light may become reverse. In addition, the same function can be given in the hologram component shown in drawing 18 also by carrying out orientation processing so that the 90 degrees of the homogeneous directions of orientation of early liquid crystal may differ. That is, it can determine whether to give a diffraction operation to which polarization light by how the array direction of a liquid crystal molecule is set up to incident light.

[0274] The liquid crystal device 701 is the same as what was used with the gestalt 5-1 of operation. Moreover, a mirror 711 is formed of vacuum evaporation of the same aluminum as the gestalt 5-3 of operation. Moreover, the light source 704 is a fluorescent lamp and was used as a source of the white light.

[0275] Here, in drawing 33, the arrow head of a continuous line shows propagation of an extraneous light, and the arrow head of an alternate long and short dash line shows propagation of the light from the light source 704.

[0276] Hereafter, the display action by the light from the light source 704 is explained first. Penetrating the light containing P polarization light and S polarization light from the light source 704 which have been arranged as a side light in the slanting side of the hologram component 702 as it is without S polarization light receiving a diffraction operation by the hologram component 702, P polarization light is bent in general by diffraction in the 90-degree direction to 90-degree display screen, and carries out incidence to a liquid crystal device 701.

[0277] P polarization light which carried out incidence to the liquid crystal device 701 receives a modulation by each pixel of a liquid crystal device, the polarization direction changes and the travelling directions by operation of the hologram component 703 differ in connection with this. As the result, an observer can check the image information corresponding to the inputted picture signal by looking.

[0278] Next, the display action by the extraneous light 710 is explained. Among extraneous lights 710, P polarization light does not receive a modulation with the hologram component 703, but penetrates it as it is, and does not carry out incidence to a liquid crystal device 701. About S polarization light, a travelling direction is bent according to a diffraction operation of a diffracted-light study component, and incidence is carried out in general to a liquid crystal device 701. In order that S polarization light which passed each pixel of a liquid crystal device 701 may not receive a diffraction operation to the hologram component 702, it is penetrated as it is and reflected by the mirror 711. And after passing the hologram component 702 again, incidence is carried out to each pixel of a liquid crystal device 701, the polarization direction is modulated for every pixel and incidence is carried out to the hologram component 703. S polarization light which passed ON pixel is diffracted with the hologram component 703, and outgoing radiation is carried out out of an observer's viewing area. Moreover, P polarization light which passed the OFF pixel passes the hologram component 703 as it is, and is recognized by the observer as a \*\* pattern.

[0279] Here, the pattern of the light and darkness corresponding to ON of a liquid crystal device and OFF will be reversed by the light and the extraneous light from the light source 704. It can be coped with by making it correspond with selection of the light source, and reversing the pattern of a video signal to this.

[0280] Moreover, to the light from the light source 704 being only one transparency to a liquid crystal device strictly, it is reflected by the mirror and an extraneous light 710 passes the 2 times liquid crystal device of an outward trip and a return trip. For this reason, the modulation rates in a liquid crystal device 701 will differ. Since the modulation factor of passage and 2 times passage can be beforehand estimated once about this, it can be coped with by amending a video signal according to selection of the light source.

[0281] As mentioned above, coexistence in the transparent mode and reflective mode can be aimed at by setting up so that the polarization dependency of the hologram component 702,703 may be differed.

[0282] As a result of observing the actually produced image display device, in the dark room, the image could be clearly checked by looking by using the light source 704, and the image has been recognized under the bright illumination light, without turning on the light source 704. Thus, if this image display device is used, it is possible to choose the light source according to environments, such as origin of a dark location or the bright illumination light. Therefore, it is possible to raise the visibility of the image under the increase in efficiency of power consumption and various environments.

[0283] Furthermore, the usage which detects the brightness of the illumination light in the environment where an image display device is used, and sets up the reinforcement of selection or the light source for the light source automatically is also possible, and it is possible to raise display capacity further by this.

[0284] (Gestalt 5-5 of operation) The image display device constituted at drawing 34 combining the color filter 721 for the same hologram component 702,703 as the gestalt 5-1 of operation is shown. As the light source 704, the fluorescent lamp was used as the white light, without letting a filter pass. Moreover, although the liquid crystal device 720 has the same structure as the liquid crystal device 720 of the gestalt 5-1 of operation, it has one 3 times the pixel consistency of this, the red (R) in a color filter 721, green (G), and three pixels corresponding to a blue (B) field become a group, and it can express a color picture as a pixel consistency equivalent to a liquid crystal device 720.

[0285] Moreover, for every field corresponding to each pixel of a liquid crystal device 720, a color filter 721 makes the light of which wavelength of R, G, and B penetrate alternatively, respectively, and absorbs the light of other wavelength.

[0286] In this image display device, the light containing P polarization light which carried out outgoing radiation from the light source 704, and S polarization light is diffracted by the upper part [ in / in S polarization light / this drawing ] in the hologram component 702. So, incidence of the S polarization light is not carried out to a color filter 721, and only P polarization light carries out incidence to a color filter 721.

[0287] Incidence of the light corresponding to each wavelength of R, G, and B which passed the color filter 721 is carried out to each pixel of a liquid crystal device 720. And the polarization direction is modulated corresponding to ON of each pixel, and OFF.

Consequently, the light which passed ON pixel passes the hologram component 703 as it is, and reaches an observer. Moreover, since the light which passed the OFF pixel is diffracted with the hologram component 703 by the upper part in this drawing, it serves as an observer's area outside a visual field, and serves as a dark pattern which is not recognized as optical reinforcement for an observer.

[0288] Although drawing 34 has shown the case where the whole of each pixel corresponding to R, G, and B is ON and OFF because of simplification. Since the light of the color chosen as the observer among the light of each wavelength of R, G, and B by controlling independently the electric field which the light of each wavelength impresses to each pixel which carries out incidence, and passing the hologram component 703 will reach. The display of the color picture as each combination is attained.

[0289] What is necessary is here, to set up an angle of diffraction greatly, and just to set up about the effect of the wavelength

dispersion of the hologram component 703 to each wavelength, so that the light of short wavelength with a small angle of diffraction may also be outside an observer's viewing area. That is, since each light of each wavelength which passed the pixel corresponding to OFF is diffracted out of an observer's viewing area with the hologram component 703, it is not recognized as optical reinforcement, and problems, such as color mixture, are not produced.

[0290] Moreover, the light which passed ON pixel does not usually receive a diffraction operation with the hologram component 703. When the liquid crystal ingredient which forms the hologram component 703 has wavelength dispersion, it becomes impossible however, for  $\Delta n = n_e - n_o$  to change with wavelength and for the inside of a component to regard it as an isotropic medium. In this case, angular difference will be produced in the light of each transmitted wavelength, and it will be checked by looking as a blot of a color etc. for an observer. However, it is the case of transparency, and big image quality-degradation is not produced if the distance from an observer's hologram component 703 is seldom separated.

[0291] When the color picture signal of R, G, and B was inputted into the actually produced image display device, and it separated about 30cm and observed from the hologram component 703, there is almost nothing and a blot of color mixture and a color etc. can observe a clear color picture.

[0292] Moreover, it cannot be overemphasized that the combination of a color filter here is not used only in the configuration of drawing 34, and it can apply also in the reflective type of drawing 32, the combination types of transparency of drawing 33 and reflection, and these changed configurations.

[0293] (Gestalt 5-6 of operation) What performed multiplex exposure by the light of each wavelength of R (0.65 micrometers), G (0.55 micrometers), and B (0.45 micrometers), and was produced as a hologram component 702,703 of the image display device of the gestalt 5-5 of said operation may be used. Hereafter, the production process of such a hologram component is explained.

[0294] First, a liquid crystal sample is produced like the case where the hologram component of drawing 18 in the gestalt 2-1 of operation is produced. This is set to the optical-system equipment using Ar laser, and it exposes by the interference fringe corresponding to the wavelength of G (0.55 micrometers) as 1st exposure process first. Next, the include angle of a mirror (reflective mirror) is changed, the 1st aforementioned exposure stroke is repeated, and exposure corresponding to the wavelength of R (0.65 micrometers) is performed. Furthermore, it exposes by forming similarly the interference fringe corresponding to B (0.45 micrometers). Then, the hologram component superimposed on the interference fringe is producible by performing the 2nd exposure stroke which irradiates a uniform light like the gestalt 2-1 of operation at a liquid crystal sample.

[0295] Since the hologram component is optimized also to which wavelength of R, G, and B when the hologram component produced as mentioned above is replaced with and used for the hologram component 702,703 of drawing 34, the video signal of a color is inputted into a liquid crystal device 701 and it observes from an observer's location, there are also no problems, such as a blot of a color and color mixture, and the clear image has been recognized. Furthermore, even if it moved the observation location about 30cm forward and backward, the effect of degradation of image quality etc. was not produced.

[0296] (Gestalt 5-7 of operation) That to which the laminating of the hologram component of three sheets which exposed by the light of each wavelength of R (0.65 micrometers), G (0.55 micrometers), or B (0.45 micrometers), respectively, and was produced as a hologram component 702,703 of the image display device of the gestalt 5-5 of said operation was carried out may be used.

[0297] When the above hologram components were replaced with and used for the hologram component 702,703 of drawing 34, and the video signal of a color was inputted into the liquid crystal device 701 and having been observed from an observer's location, to each wavelength of R, G, and B, the diffraction operation was independently performed by the diffracted-light study component of each layer, and wavelength dispersion was eased. Consequently, there are also no problems, such as a blot of a color and color mixture, and the clear image has been recognized. Furthermore, even if it moved the observation location about 30cm forward and backward, the effect of degradation of image quality etc. was not produced.

[0298] (Gestalt 5-8 of operation) The image display device of the gestalt 5-1 grade of said operation is also applicable to an image display combination lighting system. Hereafter, while displaying road traffic information in a tunnel, the example of the equipment which can perform being [ nothing ]-tunnel lighting is explained.

[0299] As shown in drawing 35, the image display device 731 is installed in the wall surface 732 of a tunnel. It has the same configuration as the image display device explained with the gestalt 5-1 of operation, and this image display device 731 is installed so that the direction of outgoing radiation of the diffracted light in a hologram component may counter the travelling direction of the car 733 which runs in a tunnel. That is, in the gestalt 5-1 of operation, although the example of the display screen which checks a display image by looking was mostly explained from the normal (transverse plane), when the display action is performed, the image checked by looking by the diffracted light from a transverse plane and the image which light and darkness reversed are displayed on coincidence. Then, the image which can be checked by looking from the direction to which it inclined to the normal of the display screen by the diffracted light can be displayed by inputting the image data which reversed light and darkness beforehand as image data inputted into an image display device.

[0300] Here, the direction of outgoing radiation of the diffracted light, i.e., the check-by-looking direction of the display image by the diffracted light, can be set up with the inclination and pitch of periodic structure of a hologram component. So, this display is applicable to various equipments which have the check-by-looking need from across in a display image.

[0301] Moreover, when displaying an image by the diffracted light, the light which penetrated the hologram component carries out outgoing radiation in the direction of a normal of the display screen conversely. Although it cannot be checked by looking from across, since the image by this outgoing radiation light will play a role of illumination light, under the environment where the surroundings Nighttime, in a tunnel, etc. are dark, the use as a lighting system is possible for it. That is, the equipment having both the functions of an image display device and a lighting system can be constituted. Thus, it is because the transmitted light and the diffracted light carry out outgoing radiation of the display using a hologram component to division into equal parts theoretically as mentioned above to the light by which it is not used for image display with the liquid crystal display which used the usual polarizer that the function of an image display device and a lighting system can be given being absorbed with a polarizer, and being unable to use for lighting.

[0302] It is the description of the image display device in a configuration of that the hologram component 702,703 in this invention divides light.

[0303] In addition, if two or more image display devices 731 are arranged on a wall surface 732, the usage depending on which image information is gradually recognized by the observer according to the advance location of a car is also possible, and it is effective when it seems that attention is called using traffic information or it is made to recognize easily.

[0304] When experimented by arranging an image display device 731 in the laboratory which actually copied the structure in a tunnel like drawing 35, the image which can be checked by looking with migration of an observer's location was able to be displayed. Moreover, it was also checked that the light by which outgoing radiation was carried out to the front face of an image display device 731 also plays a role of illumination light in a dark laboratory collectively.

[0305] It cannot be overemphasized that it may be applied to the usage which can apply such an image display combination lighting

system not only to the inside of a tunnel but to the usual object for traffic information displays and the usual object for lighting in a trunk road and a highway, and displays image information with the priority to the other specific directions.

[0306] (Gestalt 5-9 of operation) The example of the image display device which has the polarization sensing element constituted using the same hologram component as the gestalt 5-1 of said operation is explained.

[0307] It replaces with the hologram component 702 of the gestalt 5-1 of operation, and the hologram components 741-744 arranged on the same flat surface are formed in this image display device. Moreover, between the hologram component 743,744 and the liquid crystal device 701, the phase contrast plate ( $\lambda/2$  plate) 745,746 is formed. The light source 704 used for the fluorescent lamp what let the filter of Green pass like the gestalt 5-1 of operation. About other configurations, it is the same as that of the gestalt 5-1 of operation.

[0308] In this image display device, among the light which carried out outgoing radiation from the light source 704, P polarization light penetrates the diffracted-light study component 741,742 as it is, and it carries out incidence to a liquid crystal device 701. moreover, S polarization light — the hologram component 741,742 — a longitudinal direction diffracts mostly at the include angle of 90 degrees in general, and incidence is carried out to the hologram component 743,744 arranged in the side, respectively. The light which carried out incidence to the hologram component 743,744 is diffracted further in general at the include angle of 90 degrees by the hologram component 743,744. With the phase contrast plate 745,746, 90 degrees of plane of polarization are rotated, and it carries out incidence of the light diffracted with the hologram component 743,744 in general at right angles to a liquid crystal device 701 as a P polarization light.

[0309] That is, a polarization sensing element will be constituted by the hologram components 741-744 and the phase contrast plate 745,746, and incidence of the light from the light source 704 will be carried out to a liquid crystal device 701 as a light wave (in this case, P polarization light) to which plane of polarization was equal. So, efficiency for light utilization becomes high (theoretically twice [ about ]), and can display a bright image.

[0310] Moreover, it is possible to also become to extend the exposure field of the light source 704, to expand an exposure field for the light from the light source 704 of a small area, and to also make image display perform, and it is effective also in the miniaturization of a system, and low-power-izing.

[0311] The polarization direction is modulated corresponding to the impression signal of a pixel, and incidence of the light which passes a liquid crystal device 701 is carried out to another hologram component 703.

[0312] Here, S polarization light is diffracted by the space upper part, and outgoing radiation is carried out out of an observer's viewing area.

[0313] P polarization light will pass the hologram component 703 as it is, and will be recognized by the observer.

[0314] When hologram component 703 direction is observed from an observer's location, the image corresponding to the impressed input signal has been recognized correctly.

[0315] As mentioned above, the thing of the light wave from the light source for which all can be used in general effective in image display, and the image display device constituted here also expands a lighting field is possible.

[0316] (Gestalt 5-10 of operation) Other examples of the small image display device which has the polarization sensing element constituted using the same hologram component as the gestalt 5-1 of said operation are explained.

[0317] The outline of the small display constituted from a gestalt of operation of this invention in drawing 37 is shown. Carrying out incidence of the light wave from the light source 704 to the hologram component 751 from a longitudinal direction, 90 degrees of P polarization light are diffracted in general by this diffracted-light study component, and they carries out incidence to a liquid crystal device 701.

[0318] Moreover, S polarization light passes the hologram component 751, and it carries out incidence to another hologram component 752. The diffracted-light study component 752 is formed so that refractive-index distribution may be produced to S polarization light, in general, 90 degrees of S polarization light which carried out incidence to the hologram component 752 are diffracted, and they carries out outgoing radiation of it. Then,  $\lambda/2$  plate 753 is passed, 90 degrees of plane of polarization are rotated, and it carries out incidence to a liquid crystal device 701 as a P polarization light.

[0319] therefore, the gestalt 5-10 of operation — the same — the quantity of light from the light source 704 — all can be used in general for the display of a liquid crystal device. Moreover, a concomitant use type of the external light source and the internal light source which was constituted from a function of a see-through mold or a gestalt 5-4 of operation is also possible because of the configuration which carries out incidence of the light from a longitudinal direction.

[0320] In the actually produced image display device, it was made to carry out outgoing radiation of the light with a wavelength of about 0.55 micrometers to a fluorescent lamp using what let the filter of Green pass as the light source 704. The small liquid crystal panel which has the resolution of about 0.9 inches VGA (640x480) as a liquid crystal device was used. If a picture signal is inputted into this, the polarization direction will be modulated corresponding to the impression signal of a pixel, and incidence of the light which passes a liquid crystal device 701 will be carried out to another hologram component 703.

[0321] Here, S polarization light is diffracted by the space upper part, and outgoing radiation is carried out out of an observer's viewing area. P polarization light will pass the hologram component 703 as it is, and will be recognized by the observer.

[0322] Furthermore, the expansion optical system 754 was used for the optical outgoing radiation side of the hologram component 703 this time. Here, the Fresnel lens of a flat-surface mold was used as expansion optical system. Use of the liquid crystal lens using the formation of a field domestic disturbance of a convex lens or a refractive index as expansion optical system is also possible. If a thin lens constitutes expansion optical system, a small system can be constituted and it is desirable.

[0323] When hologram component 703 direction is observed from an observer's location, the image corresponding to the impressed input signal has been recognized correctly. Moreover, in spite of having used the 0.9 inches small liquid crystal panel this time, it was possible for a display image to have been expanded to an observer according to an operation of the expansion optical system 754 by the distance from the hologram component 703, and to have recognized clearly.

[0324] A system-wide miniaturization is possible for a configuration as shown in drawing 37, and the use as a very small image display device usable as a micro display for Personal Digital Assistants is expected.

[0325] (Gestalt 6 of operation) The image display device constituted using the hologram component shown with the gestalt 1 of said operation is explained.

[0326] The block diagram of an image display device is shown in drawing 38 (a). In this image display device, the hologram component 820 which starts this invention at the back light unit of the transparency mold liquid crystal panel 819 is used.

[0327] Incidence of the flux of light 824 from the light source 823 is carried out from the end face of a transparent material 821, and it is diffracted by the hologram component 820 of this invention installed in the rear face in the direction of an abbreviation normal of the substrate of a liquid crystal panel 819, spreading a transparent material 821. It becomes irregular and the flux of light 822 which carried out incidence to the liquid crystal panel 819 displays an image.

[0328] In addition, it is desirable to form the dot (well-known technique in which the other a large number indication of un-illustrating and the conventional example 7 is carried out) which the reflective mirror 823 is formed [ dot ] in the rear face of the hologram component 820, and you have [ dot ] the composition that the light which penetrated the hologram component 820 can be reflected further, for example, makes it light scattered on this reflective mirror 823.

[0329] As a liquid crystal panel 819, all kinds of liquid crystal panel can be used regardless of the drive approach and a liquid crystal ingredient that what is necessary is just a transparency mold. In addition, you may be the liquid crystal panel of the reflective mold used also as a transparency mold according to the brightness of outdoor daylight.

[0330] As the light source 823, CCFT can be used, for example, and a reflecting mirror 825 may be formed as many conventional examples 8 are indicated as the start. Considering as the configuration of a wedge action die is also possible as resin ingredients, such as an acrylic, can mainly be used as a transparent material 821, for example, a large number are indicated by the conventional example 7, JP,9-5743A, etc.

[0331] a polarization component specific in the inside of the flux of light [ \*\*\*\* /-less ] 824 which carried out incidence of the fundamental function of the hologram component 820 to the hologram component -- the direction of an abbreviation normal of a liquid crystal panel 819 -- and in a specific solid angle, it is made to diffract alternatively, and it functions as a hologram component by the existence of an electrical potential difference, or functions as a mere isotropic medium.

[0332] That is, you can function as a hologram component at the time of no electrical-potential-difference impressing, and can make it function as a directions [ time / of electrical-potential-difference impression ] medium, as shown in drawing 39 (a) and (b). a polarization component specific in the inside of the incoming beams [ \*\*\*\* / the hologram component 820 concerning this invention / when you make it function as a hologram component /-less ] 824 -- the direction of an abbreviation normal of a liquid crystal panel -- and it diffracts alternatively in a specific solid angle.

[0333] A liquid crystal panel is a polarization mold, i.e., the method which modulates only a specific polarization light, in that case, and when the polarizing plate (un-illustrating) has been prepared in the optical incidence side, high effectiveness can be realized for the first time by making in agreement in general the polarization direction (the oscillating direction of the electric field vector of the polarization light which a polarizer penetrates) of this polarizing plate, and the polarization direction (the oscillating direction of an electric field vector) of the polarization light which a hologram component diffracts alternatively.

[0334] On the other hand, the hologram component 820 of this invention serves as an abbreviation isotropic medium by impressing an electrical potential difference, incoming beams 824 penetrate the hologram component 820, and the flux of light scattered about by the reflective mirror 823 prepared in the rear face carries out incidence to a liquid crystal panel 819. In this case, the output flux of light of the liquid crystal panel 819 which can be set is diffused in about 1 appearance by the dot prepared in the reflective mirror 823 like the case where it is illuminated with the conventional back light.

[0335] Thus, since the illumination light is made to diffract in the narrow solid angle of the direction of an abbreviation normal if shown in the image display device using the hologram component 820 of this invention when not impressing an electrical potential difference, the brightness at the time of observing a liquid crystal panel 819 from a transverse plane can be made very high, and although the brightness at the time of observing from a transverse plane by electrical-potential-difference impression falls, it can secure a large angle of visibility further.

[0336] the example which makes high the brightness in the case of using a hologram component for the back light unit of a liquid crystal panel like this invention, and giving directivity to the diffracted light, and seeing from a transverse plane (when watching from [ of a liquid crystal panel ] a normal) -- for example, although the conventional example 7- conventional example 10 grade a large number indication is carried out If it is in the above-mentioned example, it is only having the single function always diffracting incident light, and a hologram component is not changed in an angle of visibility like the hologram component 820 of this invention.

[0337] Moreover, although the indication of a switchable hologram component is made in the conventional example 1 and the conventional example 2, about the concrete use as a back light of a liquid crystal panel, it is not indicated at all. As mentioned above, high effectiveness is realizable for the first time by making in agreement the polarization direction of the polarizing plate of a liquid crystal panel, and the polarization direction of the light alternatively diffracted by the hologram component.

[0338] The function which can change the brightness of the image which the image display device of this invention has, and an angle of visibility is a very precious function, when using as a display of a personal computer or a personal digital assistant regardless of a non-portable type and a note type.

[0339] Namely, when seeing an image individually, an angle of visibility (semantics equivalent to the range which can check an image by looking) does not need to be recklessly large, and is enough in the existing limited range required at the time of the image observation at the time of an activity etc. Since an image will be outputted in general in the direction of the operator who observes an image from a transverse plane according to this invention, power consumption of a lamp can be made small.

[0340] When observing an image by a lot of people to it, the larger one of an angle of visibility is conversely desirable. So, the function in which an angle of visibility is changeable by the case where an image is individually observed like this invention, and the case where an image is observed by a lot of people becomes important. However, an angle of visibility is not changed strictly but the hologram component 820 of this invention means that the amount of the flux of light reflected in the narrow solid angle of a certain specification is controllable by applied voltage.

[0341] Next, the production approach of the hologram component used with the gestalt of this operation is explained.

[0342] As the gestalt 1 of operation and 4-1 explained, the hologram component 820 used with the gestalt of this operation injects the mixture of for example, UV cure rubble liquid crystal and non-polymerization nature liquid crystal into the cel produced with two glass substrates 502 in which ITO501 was formed as photo-curing mold liquid crystal, and can produce it with illuminating 2 flux-of-light interference draft.

[0343] However, it is the include angle to which the flux of light carries out incidence of the reference beam, and it is the description that an abbreviation perpendicular carries out incidence of the body light to a substrate. Moreover, by performing 2 flux-of-light interference exposure, where an electrical potential difference is impressed at that time, the interference draft of a request as shown in drawing 39 is formed, non-polymerization nature liquid crystal is divided into a part with the strong reinforcement of an interference draft by the part with UV cure rubble liquid crystal weak [ reinforcement ], and the hologram component 820 of this invention is produced.

[0344] When actually producing, it is desirable to use the flux of light to which body light and a reference beam spread a transparent material 21 as a reference beam, and carry out incidence of the flux of light which does not need to be a plane wave, for example, spreads in a specific solid angle as a body light to a hologram component, and the flux of light which carries out incidence from the almost equal include-angle range.

[0345] Moreover, in the above-mentioned configuration, patterning of ITO501 of the hologram component 820 concerning this invention is carried out, applied voltage is made to differ for every field, and a refractive-index anisotropy can also be controlled locally. It is also

possible to attain optimization of the effectiveness of the hologram component 820 locally by it. Moreover, for example, a hologram component may be arranged in the shape of [ minute ] a mosaic as indicated by the conventional example 7, and each minute hologram component may be optimized so that the maximum effectiveness may be shown to incident light wavelength and an incident angle.

[0346] Moreover, the hologram component 820 which starts this invention as shown in drawing 38 (b). By forming  $\lambda/4$  plate 27 between the reflective mirrors 823, and leaning about 5 degrees of reflective mirrors 823 rather than being [ for example, ] parallel to the hologram component 820, and arranging them An electrical potential difference cannot be impressed, but the ordinary ray 828 which penetrates this hologram component 820 can be changed into an extraordinary ray in the mode in which an extraordinary ray is made to diffract alternatively, and the hologram component 820 carries out incidence to the hologram component 820 concerning this invention again.

[0347] Since the reflective mirror 823 is leaned and installed in that case, by the angular dependence of this hologram component 820, the reflected light bundle 829 from the reflective mirror 823 can penetrate the hologram component 820, it can carry out incidence to a liquid crystal panel 819 as the same polarization light (in this case, P polarization light) as the flux of light 822 reflected by the hologram component 820, and it can make efficiency for light utilization high.

[0348] As stated above, the image display device constituted from a gestalt of this operation can control the amount by which the flux of light is outputted in a specific solid angle by adjusting the applied voltage to the hologram component 820 concerning this invention. This becomes possible, although an angle of visibility is narrow if needed to choose a large angle of visibility, although it becomes dark a little with bright image display.

[0349] The image display device constituted from a gestalt of this operation can be used only as a display of the personal computer of a non-portable type and a note type as the display for a display of a personal digital assistant and pocket mold communication equipment, and a HUD for mount.

[0350] (Gestalt 7 of operation) The image display device concerning this invention constituted as a gestalt 7 of operation of this invention is explained. Although the image display device of the gestalt of this operation is the liquid crystal panel of the so-called former to a certain direct viewing type, it illuminates the light (wavelength which wavelength makes harden this photoresist liquid crystal) of the shape of a grid equivalent to a pixel pitch as a liquid crystal ingredient into the mixture of photo-curing mold liquid crystal and non-polymerization nature liquid crystal, and forms the microcell structure surrounding each pixel according to the optical induction phase separation phenomenon.

[0351] However, ne after hardening of the liquid crystal of a photo-curing mold and no They are ne of non-polymerization nature liquid crystal, and no respectively. Abbreviation etc. is by carrying out and it has composition.

[0352] Orientation is carried out to the shape of axial symmetry which the liquid crystal molecule made stabilize at a photo-curing reaction according to self-orientation force in a liquid crystal field by the above-mentioned microcell configuration, and a large angle of visibility and high contrast can be realized by it.

[0353] Next, the difference between the conventional example and the image display device concerning the gestalt of this operation is described. Although indicated by the conventional example 6, in the conventional example 6, the effectiveness that the angle-of-visibility improvement and high contrast by the above-mentioned microcell are realizable illuminates grid-like light (wavelength which wavelength makes harden this photo-setting resin), only forms the microcell structure surrounding each pixel in the mixture of a photo-setting resin and liquid crystal, and has not only indicated it at all about the refractive-index anisotropy of a photo-setting resin according to an optical induction phase-separation phenomenon into it.

[0354] Generally, although photo-curing resin is slight, it has a birefringence, and it discovers some refractive-index anisotropy. So, to the flux of light of vertical incidence, when displaying black, although contrast was good, to the flux of light which carries out incidence aslant, it was conspicuous as a field where the part of a grid is discontinuous, and there was a fault that homogeneity was bad.

[0355] However, in the image display device of the gestalt of this operation, since [ on which photo-curing mold liquid crystal is made to harden / since / in the state of the same orientation as the orientation of the non-polymerization nature liquid crystal at the time of displaying black, and the optical anisotropy of non-polymerization nature liquid crystal, abbreviation, etc. spread the optical anisotropy of this photo-curing mold liquid crystal ] it carried out, on the occasion of a black display, the part of microcell could be conspicuous, or the fall of contrast could be controlled, and the very uniform image was able to be displayed.

[0356] (Gestalt 8-1 of operation) The outline of the optical-information-processing equipment using the volume hologram component which was constituted from a gestalt 8-1 of operation of this invention in drawing 40 and which was shown with the gestalt 2-1 of said operation is shown. The light emitted from the semiconductor laser 901 which emits polarization passes the volume hologram component 521 as it is, and is condensed on the optical storage 906 through the quarter-wave length plate 905 with the image formation lens 904. In this case, the laser beam which passes the volume hologram component 521 does not receive diffraction, and the outgoing radiation light from semiconductor laser 901 is mostly condensed on the optical storage 906 altogether.

[0357] Next, the light reflected with the optical storage 906 passes the quarter-wave length plate 905 again, and it converges it with the image formation lens 904. In order that the reflected light may pass said quarter-wave length plate twice at this time, the 90-degree polarization direction rotates that polarization direction from semiconductor laser 901 to the time of outgoing radiation being carried out. Therefore, the reflected light will receive a diffraction operation according to the predetermined wave front currently formed in the volume hologram component 521, and it will converge it on a photodetector 902 this time.

[0358] A lightwave signal is detected for every field where it was divided on the photodetector 902 here, and a focal gap, a tracking gap, and detection of the signal of the information recorded on said optical storage are performed. At this time, the quantity of light led to a photodetector 902 is mostly determined with the efficiency for light utilization by polarization separation on the outward trip of the volume hologram component 521, and the diffraction efficiency in a return trip.

[0359] The principle and structure of the volume hologram component 521 of this invention are shown in drawing 41 and drawing 42. Drawing 41 shows the index ellipsoid of optically uniaxial optical crystal. Drawing 41 (a) shows an index ellipsoid in case there is an optical axis in the direction of Y. At this time, to the light to which the polarization direction exists in a Y-Z flat surface, it becomes an extraordinary ray, and the refractive index of Ne is shown. Moreover, to the light to which the polarization direction exists in a X-Z flat surface, it becomes an ordinary ray, and the refractive index of No is shown.

[0360] Drawing 41 (b) shows the index ellipsoid when 90 degrees of optical axis of optically uniaxial optical crystal incline from Y. In this case, the refractive index of No will be shown to the light to which the polarization direction exists in a Y-Z flat surface, and the refractive index of No will be shown also to the light to which the polarization direction exists in a X-Z flat surface.

[0361] Moreover, an optical axis will take the mean value of the refractive index of Ne and No ( $N_e > N_o$ ) corresponding to the condition of the inclination of an optical axis to the light to which the polarization direction exists in a Y-Z flat surface in the intermediate state of (a) and (b). On the other hand, to the light to which the polarization direction exists in a X-Z flat surface, it is not concerned with the inclination of an optical axis, but the refractive index of No is always shown.

[0362] To the optical medium which has a refractive-index anisotropy as mentioned above, to the polarization direction which carries



out incidence, it may not be concerned with the inclination of the case where it has refractive-index distribution of the range of  $N_o$  from  $N_e$ , and an optical axis, but refractive-index distribution of only  $N_o$  may be shown.

[0363] Drawing 18 is drawing showing the cross-section configuration of a volume hologram component. This interior of a component has the periodic layer structure which inclined to the thickness direction from the front face as for which light carries out incidence. And between \*\*\*\*\*, it has arranged so that the inclination of the optical axis of the optical medium which has a refractive-index anisotropy may become parallel [ one ] to the front face of the volume hologram component 521, and another is perpendicularly arranged to a front face.

[0364] Here, behavior when such light carries out incidence to the volume hologram component 521 by making into an extraordinary ray light which has the polarization direction for the light which has the polarization direction perpendicularly to the space of drawing 18 for this volume hologram component 521 to an ordinary ray, space, and a parallel direction is considered.

[0365] First, since it becomes the same handling as the case where the light which has the polarization direction at the X-Z flat surface of drawing 41 carries out incidence when an ordinary ray carries out incidence, it is not concerned with the sense of the optical axis of the optical medium which constitutes each class, but the refractive index in each class serves as  $N_o$ . That is, since it is equal to a medium with uniform  $N_o$  existing, a refractive index will not receive an operation of diffraction, but as illustrated to drawing 18, it will penetrate the ordinary ray which carries out incidence to this as it is.

[0366] Next, the case where an extraordinary ray carries out incidence is considered. The optical axis of the optical medium which has a refractive-index anisotropy becomes parallel [ the polarization direction of incident light ] to an optical axis in the layer arranged to plane of incidence and parallel. When the light which has the polarization direction at the Y-Z flat surface of drawing 41 carries out incidence of this to the optical medium by which an optical axis exists in the direction of Y of (a), it will correspond, and it will pass the layer which has the refractive index of  $N_e$ .

[0367] Moreover, since it corresponds when the light to which the optical axis of an optical medium has the polarization direction at a Y-Z flat surface to (b) of drawing 41 to a perpendicular layer to the plane of incidence of the volume hologram component 521 carries out incidence, this layer is dealt with as what has the refractive index of  $N_o$ .

[0368] Therefore, to an extraordinary ray, the volume hologram component 521 will pass two or more layers from which a refractive index differs periodically in the thickness direction which is a travelling direction of the incident light. Consequently, an incident ray will receive the so-called Bragg's diffraction operation light is condensed in whose specific direction corresponding to whenever [ tilt-angle / of this layer ], and the pitch of a period.

[0369] As shown in drawing 18, an extraordinary ray will change an optical path after passing the volume hologram component 521 corresponding to the layer structure formed in the interior of a component.

[0370] It sets up so that it may correspond to the ordinary ray which shows the polarization direction of the light which carries out outgoing radiation from semiconductor laser 901 to the volume hologram component 521 in the configuration of the optical-information-processing equipment of drawing 40 as mentioned above by drawing 18. At this time, the outgoing radiation light from semiconductor laser 901 is condensed by the optical storage 906 through a quarter-wave length plate with the image formation lens 904, without receiving a modulation by the volume hologram component 521.

[0371] The light reflected here passes a quarter-wave length plate again, and it carries out incidence to the volume hologram component 521 through the image formation lens 904. Since the 90 degrees of the polarization directions are rotating to an outward trip at this time, in the case of the extraordinary ray shown by drawing 18, it corresponds. Therefore, corresponding to the periodic refractive-index distribution equivalent to the layer structure formed in the interior of the volume hologram component 521, it will be condensed on a photodetector 902 by the specific direction and this case.

[0372] Bragg's diffraction conditions will be applied with constituting so that it may have periodic structure in the thickness direction as shown by drawing 18. When the light which has a certain wavelength carries out incidence of this to each class which forms periodic structure, the light scattered about on each class produces the phenomenon whose dispersion component suits in the specific direction corresponding to the pitch between the wavelength and incidence include angle, and a layer in slight strength.

[0373] This will be called Bragg's diffraction conditions, such conditions will serve as a three-dimension-configuration to the conventional two-dimensional diffracted-light study component, and it will have an operation of blaze-izing (light is converged in the one direction).

[0374] Therefore, diffraction efficiency can be improved by leaps and bounds to the conventional diffracted-light study component, and 100% of effectiveness is theoretically possible. Even if it takes the loss in halfway etc. into consideration, 90% or more of effectiveness is actually expectable. On the other hand, when a hologram component as shown in drawing 40 with the diffracted-light study component which consists of a binary which was mentioned above is constituted, a diffracted wave will be diffracted by bilateral symmetry to a high order including zero-order. Consequently, the diffraction efficiency to the primary direction becomes 1/2 or less low value as a rate to the total quantity of light to which the highest also passes about 40% and a component.

[0375] If optical-information-processing equipment is constituted using the volume hologram component 521 in this invention, since the reflected light from the optical storage 906 can be mostly condensed altogether to a photodetector 902, the problem of the fall of the S/N ratio by the fall of optical reinforcement is not produced. Furthermore, since the diffraction efficiency of the volume hologram component 521 is high, there is also almost no return quantity of light to semiconductor laser. It stops therefore, also producing the problem of the instability of an oscillation of the laser which is the light source by feedback of the optical reinforcement to semiconductor laser 901.

[0376] Although the case of the refractive-index difference which inclined 90 degrees between the layers which the optical axis of the optical medium which constitutes the volume hologram component 521 from drawing 18 adjoins of being the largest was shown, it is also possible to set a refractive-index difference as the mean value of  $N_o$  from  $N_e$  by setting this include angle as arbitration.

[0377] Moreover, it is also possible by choosing the refractive-index distribution using this to adjust diffraction efficiency and to set detection light reinforcement and a pattern as arbitration to a photodetector 902.

[0378] Moreover, a configuration which the field to which the field of the volume hologram component 521 was divided into some, the direction diffracted, respectively was shifted, and photodetectors 902 differed is made to receive a lightwave signal, and detects various kinds of information, such as a focal gap and a tracking gap, efficiently is also possible.

[0379] Furthermore, in a configuration so that semiconductor laser 901 may be used on wavelength different [ two or more ] and not only the writing of optical information but record may be performed to coincidence, it is also possible to superimpose and record the layer structure which has different periodic structure according to each light wave length, an include angle, etc. in the volume hologram component 521.

[0380] (Gestalt 8-2 of operation) The manufacture approach of the diffracted-light study component used for the optical-information-processing equipment in this invention is explained using drawing 42.

[0381] The outgoing radiation light of the wavelength around 360nm from the Ar laser 911 can be extended with a beam with a diameter



of 30mm – about 50mm with the beam expander 913 through the mechanical shutter 912 of a closing motion type. And it is divided into a 2-way by the beam splitter 915, and irradiates at the include angle corresponding to the structure of the interference fringe formed on the volume hologram component 521 by the mirror 906. Moreover, the shutter 405 is arranged at one flux of light of the inside divided by the beam splitter 915.

[0382] Next, the production process of the cel of the volume hologram component 521 is explained.

[0383] Two things which formed ITO as a transparent conductive electrode on the glass substrate were prepared. And after washing these substrates in order to remove dust, the orientation film which consists of a macromolecule, for example, polyimide, is applied with a spin coat method etc., and the orientation film is formed on a substrate by heat-treating etc.

[0384] Then, rubbing processing is performed in the specific direction with a roller etc., a seal is printed around one substrate, and another substrate is made to distribute a bead with a diameter of 5 micrometers – about 20 micrometers. The cel of lamination sky was constituted so that the direction of rubbing might become a pair mutually about these two substrates.

[0385] It poured in to the empty cel produced here, using liquid crystal as an optical medium which has a refractive-index anisotropy. Although the liquid crystal used this time has a forward dielectric anisotropy, it is also possible to use what has a negative dielectric anisotropy.

[0386] The photopolymerization nature liquid crystal monomer or the liquid crystal polymer for which a bridge can be constructed [ optical ] is contained, and it has the property that harden liquid crystal by the optical exposure of the wavelength of the ultraviolet region around 360nm, and the direction of a liquid crystal molecule is fixed. Although impregnation was performed in the atmospheric-air ambient atmosphere at the room temperature, impregnation in 40 degrees C – about 60 degrees C of elevated temperatures and a vacuum ambient atmosphere may be performed. An inlet and near degassing opening were sealed with encapsulant to the cel after pouring in liquid crystal, and the liquid crystal sample was completed.

[0387] The liquid crystal sample produced as mentioned above was set in the production location of the volume hologram component 521 in the optical system shown by drawing 42. Where the introduction shutters 912 and 405 are opened, it adjusted to the sample location so that the interference fringe of 1-micrometer pitch extent might be formed. Whenever [ converging-angle / of the 2 flux of lights by the mirror 906 at this time ] is 15 degrees – about 45 degrees, and the exposure reinforcement of Ar laser is 50mW – about 100mW.

[0388] Next, the process which forms an interference fringe with laser to a liquid crystal sample is explained. First, a shutter 912 is closed, and where a shutter 405 is opened, a liquid crystal sample is set. And it closes, after opening a shutter 912 wide a grade for 1 minute predetermined time amount and here.

[0389] This is the first process, hardening of the liquid crystal of the field belonging to a bright section with the high reinforcement of the interference fringe currently formed in the liquid crystal sample by interference of the 2 flux of lights of laser of this process is performed, and a molecule shaft is fixed in the direction in which orientation of the liquid crystal molecule was carried out in early stages. Here, since the liquid crystal which has a forward dielectric anisotropy is used, in early stages, orientation of the liquid crystal molecule is uniformly carried out in the direction parallel to a glass substrate, and this condition will be saved. On the other hand, in the field belonging to the umbra of an interference fringe, since it is low compared with a bright section, as for most hardening of a liquid crystal molecule, optical reinforcement is not promoted at this first process.

[0390] Next, the alternating current electric field of five (v/micrometer) extent are impressed to the ITO inter-electrode as a transparent conductive electrode formed inside two glass substrates of a liquid crystal sample as the second process. The liquid crystal molecule which is not hardened [ of the field which belongs to the umbra of an interference fringe by this electric-field impression ] inclines in the direction perpendicularly formed to a glass substrate. Since the include angle of the inclination at this time is proportional to the electric field to impress, whenever [ desired tilt-angle ], i.e., a refractive-index difference, can be given by adjusting the magnitude of electric field.

[0391] the light of the uniform intensity distribution which close a shutter 405 where an electrical potential difference is impressed as mentioned above, and do not form an interference fringe — the whole surface of the volume hologram component 521 — a 5-minute about room — it irradiates and is liquid crystal \*\*\*\* of the field of a non-hardened umbra — the whole is stiffened completely.

[0392] The volume hologram component 521 which has structure as shown by drawing 18 by performing the above first and the second above process was produced. The polarization direction which carries out incidence of the diffraction efficiency of this component using helium-Ne laser was changed, and was measured. The permeability to an ordinary ray is just over or below 98%, and had high permeability. Moreover, the diffraction efficiency to the primary direction over an extraordinary ray is about 90%, and the good result was obtained. Therefore, it became clear that the volume hologram component produced here is promising as a diffracted-light study component which has a high polarization separation property and diffraction efficiency, and is used for an information processor.

[0393] (Gestalt 8-3 of operation) Using two glass substrates which counter, the same process as the gestalt 8-2 of operation was performed from orientation film formation to this, and the liquid crystal sample was made as an experiment. It set to the optical system which shows this sample to drawing 42, and the bright section of an interference fringe was exposed as the first process.

[0394] Next, in order to change the direction of orientation of the liquid crystal molecule of the field which belongs to the stripes of an umbra as the second process from an initial valve position, a setup for impressing a field to the volume hologram sample 521 shown by drawing 42 was performed. Specifically, the magnetic field was formed in the circumference of a liquid crystal sample with the superconducting magnet.

[0395] Since liquid crystal has a dielectric anisotropy, it can change the molecule shaft of a liquid crystal molecule by impression of a field as well as electric field. It is made to change in the direction perpendicularly formed to a glass substrate in the liquid crystal molecule of the field of an umbra by impression of the above magnetic fields. And the whole panel was hardened by closing a shutter 405 like the gestalt 8-2 of operation, and performing a uniform optical exposure to a liquid crystal sample in this condition.

[0396] When field impression is used, since formation of ITO as a transparent conductive electrode etc. becomes unnecessary, this process is omitted and production easy [ a configuration ] and cheaper is possible for a liquid crystal sample. Furthermore, since the effect of the reflected light by the refractive-index difference in glass and an ITO interface is removed, permeability becomes high and the function as a diffracted-light study component will also improve.

[0397] The diffraction efficiency over the polarization direction of the volume hologram component produced in the above processes was measured by the same technique as the gestalt 8-2 of operation. Consequently, as diffraction efficiency, it has 90% or more of engine performance, and it became clear that the direction of a liquid crystal molecule was appropriately controllable also by the approach by field impression.

[0398] (Gestalt 8-4 of operation) The liquid crystal sample was made as an experiment like the gestalt 8-3 of operation from the process which applies the orientation film to a glass substrate. The process of roller rubbing was skipped with the gestalt of this operation, using polyvinyl cinnamate (PVCi) as orientation film. This sample was set to the optical system in drawing 42. This time, in this system, the polarizer was prepared immediately after the beam expander 913, and the configuration only using the linearly polarized

light component of a laser beam took.

[0399] First, exposure of the field which belongs to the bright section of an interference fringe as the first process was performed like the gestalt 8-2 of operation. At this time, the interference fringe pattern consists only of the linearly polarized light component of a laser beam. When the linearly polarized light is irradiated as the light source at a poly membrane, the molecule which has turned the principal chain (or side chain) in the polarization direction out of the macromolecule which is carrying out orientation at random mainly absorbs light, and an optical anisotropy discovers the photoreaction on a lifting and its film. In polymeric materials etc., it is controllable by the include angle which the polarization direction where the photoreaction process (photoisomerization, photopolymerization, photolysis) of the macromolecule is irradiated and macromolecule of light make.

[0400] Therefore, a setup to which the direction of orientation of the molecule of liquid crystal becomes parallel to a glass substrate was performed by controlling the polarization direction of the light of the ultraviolet region which constitutes an interference fringe here.

[0401] Next, at the second process,  $1/2$  wavelength plate was placed immediately after the aforementioned polarizer, and the 90 degrees of the polarization directions of a laser beam were rotated. And the shutter 405 was closed and a uniform light which has the polarization direction in the polarization direction in the first process and the direction which intersects perpendicularly was irradiated at the liquid crystal sample. In the field belonging to an umbra, since the light which the 90 degrees of the polarization directions rotated is irradiated to a bright section, the direction of orientation of a liquid crystal molecule changes from the location of the first process, and is fixed.

[0402] It becomes possible to form the periodic structure where the direction of a liquid crystal molecule changes in the layer corresponding to the bright section and umbra of an interference fringe with above processes. In this case, since an optical exposure performs orientation of a liquid crystal molecule, it becomes possible to carry out by combining with exposure of an interference fringe, and a production process can be simplified. Furthermore, to the rubbing method with a roller, it can carry out by non-contact, mixing of dust etc. is prevented, a reliable manufacture process technique can be established, it is stabilized in mass production method etc., and correspondence becomes possible.

[0403] gestalt 8- of operation of the diffraction efficiency of the volume hologram component 521 produced here — the same approach as 2 and 3 estimated. Consequently, as diffraction efficiency, it was about 70%, and although diffraction efficiency falls a little, 50% or more of effectiveness is acquired, and it became clear that the diffracted-light study component in which three dimensions periodic structure was formed was produced.

[0404] Moreover, after applying PVCi as orientation film, the process in which the optical exposure of the wavelength of the ultraviolet region which has the specific polarization direction is performed before assembling a cel may be introduced for amelioration of the stacking tendency of a liquid crystal molecule.

[0405] (Gestalt 8-5 of operation) The liquid crystal sample was made as an experiment using the same process as the gestalt 8-2 of operation. The mask was made the field of the one half of a sample this time, and it set to the optical system shown in drawing 42 . And the volume hologram was produced to the field which performs the first and the second process as well as the gestalt 8-2 of operation, and does not have a mask.

[0406] Next, about 5 degrees changed whenever [ beam angle / of the 2 flux of light ] by changing the include angle of the mirror 916 shown in drawing 42 . And the mask part of a previous sample was removed, it carried out by having repeated the first and the second process to this part, and the volume hologram was produced.

[0407] As a result of evaluating the volume hologram component 521 produced as mentioned above, light was diffracted in the two different include-angle directions to the exposure of the extraordinary ray to the whole surface of a component.

[0408] Moreover, each diffraction efficiency at this time is about 90%, and it became clear that layer structure which is different to two or more fields was producible good. If this is applied to the configuration of drawing 40 , since it will be divided into a 2-way by the volume hologram component 521, signal detection is performed at a time in the field in which it differed on the photodetector 902, and signal detection, such as a focal gap and a tracking gap, can be performed efficiently.

[0409] (Gestalt 8-6 of operation) The liquid crystal sample was produced like the gestalt 8-2 of operation. By introducing into the optical system which shows this to drawing 42 , and performing the first process, the field belonging to the bright section of an interference fringe was exposed. Here, about 5 degrees of include angles of a mirror 916 were changed, the interference fringe of a different period was formed, the first aforementioned process was repeated in this condition, and the field of a bright section was exposed.

[0410] Next, the shutter 405 was closed like the gestalt 8-2 of operation, and the volume hologram component was produced by performing the second process which irradiates a uniform light at the volume hologram component 521.

[0411] The volume hologram component 521 produced as mentioned above was evaluated. Using the extraordinary ray, the include angle of the laser for diffraction-efficiency measurement was set up in the direction corresponding to two exposure of an interference fringe, and was measured at a different include angle, respectively. As diffraction efficiency, it was 75% - about 80% in two cases, respectively. Although it is decreasing compared with the case where diffraction efficiency is independent, somewhat by superimposing and forming an interference fringe, it is also considered that amelioration is possible that this adjusts the thickness of a liquid crystal sample thickly. On the other hand, to the ordinary ray, it had about 98% of permeability like the gestalt 8-2 of operation.

[0412] It was possible to have superimposed an interference fringe and to have produced the volume hologram component 521 as mentioned above. It is thought in the optical-information-processing equipment which performs optical read-out and record using two or more laser with different wavelength that this is effective.

[0413] The gestalt of this operation explained the configuration and its manufacture approach of the diffracted-light study component used for optical-information-processing equipment by the optical medium which has a refractive-index anisotropy as mentioned above.

[0414] also using the optically uniaxial crystal which has the electro-optical effects, such as lithium niobate, KD2 PO4, beta-BaB 2O4, and PLZT, etc. as an optical medium which has a refractive-index anisotropy — possible — moreover, KTi PO4 etc. — it is also possible to demonstrate effectiveness by using the medium which has refractive-index anisotropies including optically biaxial optical crystal etc.

[0415] In addition, it cannot be overemphasized that it can use also only for records or as read-only equipment.

[0416]

[Effect of the Invention] As mentioned above, according to this invention, in case diffraction/rectilinear propagation is switchable and incident light is made to go straight on, the diffraction of the extraordinary ray which carries out incidence aslant can offer a very small hologram component. Moreover, using the hologram component of this invention, cheap and efficient polarization isolation can be realized and image display with high effectiveness can be constituted using it.

[0417] Furthermore, using the hologram component of this invention, although an angle of visibility is narrow, although bright image display and the brightness from a transverse plane become dark, they can constitute the image display device of a direct viewing type

switchable at any time for image display with a large angle of visibility if needed.

[0418] Moreover, by forming in the image display section the pixel which has the microcell structure by photo-curing mold liquid crystal, on the wide-field-of-view square, it is high contrast and it became possible to realize uniform image display.

[0419] In addition, based on the meaning of invention, various deformation is possible for the image display device concerning this invention, and it is not limited to the above-mentioned configuration.

[0420] Moreover, according to this invention, the polarization separation component which has compact and high separation efficiency cheaply can be constituted. Moreover, according to the projection mold image display device constituted using the polarization separation component concerning this invention, high efficiency for light utilization is realizable.

[0421] Moreover, this invention relates to the polarization lighting system using the diffracted-light study component which has three-dimensions-layer structure using the optical medium which has a refractive-index anisotropy as a polarization separation component, and the projection mold display using this. a polarization component specific by using the optical medium which has a refractive-index anisotropy — receiving — it penetrates and has the selectivity by the polarization direction of diffraction to the polarization component which intersects perpendicularly with this. Furthermore, since it is formed from three-dimensions-layer structure, the diffraction efficiency over a specific direction becomes it is very high and possible [ attaining 100% of diffraction efficiency theoretically ].

[0422] Thus, since a polarization lighting system is constituted using the diffracted-light study component which has the outstanding polarization separation and the outstanding diffraction-efficiency property according to coincidence, a lighting system with very high efficiency for light utilization can be offered. Moreover, it becomes possible to obtain a bright image with a low power with constituting the display of a projection mold using this.

[0423] Moreover, a display and the broad application to an illumination-light study system are possible as mentioned above, and it has big value.

[0424] Moreover, this invention relates to the image display device and lighting system which constituted the diffracted-light study component which has three-dimensions-layer structure using the optical medium which has a refractive-index anisotropy, and this combining the liquid crystal device. a polarization component specific by using the optical medium which has a refractive-index anisotropy — receiving — it penetrates and has the selectivity by the polarization direction of diffraction to the polarization component which intersects perpendicularly with this. Furthermore, since it is formed from three-dimensions-layer structure, the diffraction efficiency over a specific direction becomes it is very high and possible [ attaining 100% of diffraction efficiency theoretically ]. Thus, the image display device was constituted combining the diffracted-light study component and liquid crystal device which have the outstanding polarization separation and the outstanding diffraction-efficiency property according to coincidence. For this reason, the display of a see-through mold, a concomitant use type display with an extraneous light and the internal light source, etc. can be realized, and it has low-power-izing and compactability with advanced features. Moreover, if constituted combining such image display devices and expansion optical system, the use as a micro display for Personal Digital Assistants is also expectable. Furthermore, concomitant use with an image display device and a lighting system is also possible. A display and the broad application to an illumination-light study system are possible as mentioned above, and it has big value.

[0425] furthermore, a polarization component specific by the optical medium which has a refractive-index anisotropy being used for this invention about the configuration and its manufacture approach of the diffracted-light study component which has three-dimensions-layer structure using the optical medium which has a refractive-index anisotropy — receiving — it penetrates and has the selectivity by the polarization direction of diffraction to the polarization component which intersects perpendicularly with this.

[0426] Furthermore, since it is formed from three-dimensions-layer structure, the diffraction efficiency over a specific direction becomes it is very high and possible [ attaining 100% of diffraction efficiency theoretically ].

[0427] Thus, since it has the outstanding polarization separation and the outstanding diffraction-efficiency property according to coincidence, the optical-information-processing equipment which performs the writing and record of a lightwave signal is begun, and the broad application to the polarization separation component in illumination-light study systems, such as a display, etc. is possible, and it has big value.

---

[Translation done.]

## \* NOTICES \*

JPO and NCIP are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.

2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.

3. In the drawings, any words are not translated.

---

DESCRIPTION OF DRAWINGS

---

## [Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] The block diagram of the liquid crystal display of the conventional direct viewing type

[Drawing 2] (a) Drawing showing the configuration of the conventional optical switch, and the refractive index of each field

(b) Drawing showing the configuration of the conventional optical switch, and the refractive index of each field

[Drawing 3] (a) Drawing showing the function of the conventional optical switch to slanting incident light, and the refractive index of each field

(b) The block diagram showing the refractive-index anisotropy of the flux of light which carries out incidence aslant of an index ellipsoid

[Drawing 4] The block diagram of conventional polarization certification equipment

[Drawing 5] The block diagram of other conventional polarization certification equipments

[Drawing 6] The block diagram of the conventional projection mold image display device

[Drawing 7] The block diagram showing the integrator used for the conventional projection mold image display device

[Drawing 8] The block diagram showing the polarization sensing element used for the conventional projection mold image display device

[Drawing 9] The block diagram of the liquid crystal display of the conventional example

[Drawing 10] (a) Drawing showing the configuration of the hologram component constituted from a gestalt of 1 operation, the array of a liquid crystal molecule, and the refractive index of each field

(b) Drawing showing the configuration of the hologram component constituted from a gestalt of 1 operation, the array of a liquid crystal molecule, and the refractive index of each field

[Drawing 11] Drawing showing the function to the flux of light which carries out incidence across the hologram component constituted from a gestalt of 1 operation, and the refractive index of each field

[Drawing 12] (a) Drawing showing the configuration of the hologram component constituted from a gestalt of other operations, the array of a liquid crystal molecule, and the refractive index of each field

(b) Drawing showing the configuration of the hologram component constituted from a gestalt of other operations, the array of a liquid crystal molecule, and the refractive index of each field

[Drawing 13] The block diagram of the polarization separation component constituted from a gestalt of 1 operation

[Drawing 14] The top view showing the orientation condition of the liquid crystal in one process of the polarization separation component constituted from a gestalt of 1 operation

[Drawing 15] The mimetic diagram showing the orientation condition of the liquid crystal in one process of the polarization separation component constituted from a gestalt of 1 operation, and the intensity distribution of the interference draft inputted

[Drawing 16] The mimetic diagram showing the orientation condition of the liquid crystal in the polarization separation component constituted from a gestalt of 1 operation

[Drawing 17] Drawing showing the effectiveness of the polarization separation component constituted from a gestalt of 1 operation

[Drawing 18] The sectional view showing an example of the internal configuration of a diffracted-light study component

[Drawing 19] (a) Drawing showing an example of the include angle of a diffracted-light study component, and a wavelength dependency

(b) Drawing showing an example of the include angle of a diffracted-light study component, and a wavelength dependency

[Drawing 20] The block diagram of the gestalt of 1 operation of the polarization lighting system using a diffracted-light study component

[Drawing 21] The block diagram of the gestalt of 1 operation of the polarization lighting system using a diffracted-light study component

[Drawing 22] The block diagram of the gestalt of 1 operation of the polarization lighting system using a diffracted-light study component

[Drawing 23] The block diagram of the gestalt of 1 operation of the polarization lighting system using a diffracted-light study component

[Drawing 24] The block diagram of the gestalt of 1 operation of the polarization lighting system using a diffracted-light study component

[Drawing 25] The block diagram of the gestalt of 1 operation of the projection mold display using a diffracted-light study component

[Drawing 26] The block diagram of the gestalt of 1 operation of the polarization lighting system using a diffracted-light study component

[Drawing 27] The block diagram of the image display device using a hologram component

[Drawing 28] (a) The block diagram showing the gestalt of 1 operation of the color display type projection mold display of a transparency mold

(b) The block diagram showing the gestalt of 1 operation of the color display type projection mold display of a transparency mold

[Drawing 29] (a) The block diagram showing the gestalt of 1 operation of the color display type projection mold display of a reflective mold

(b) The block diagram showing the gestalt of 1 operation of the color display type projection mold display of a transparency mold

[Drawing 30] The block diagram of the gestalt of one example of the image display device using a diffracted-light study component

[Drawing 31] The block diagram of the gestalt of other operations of the image display device using a diffracted-light study component

[Drawing 32] The block diagram of the gestalt of one example of the image display device of the reflective mold using a diffracted-light study component

[Drawing 33] The block diagram of the gestalt of 1 operation of the image display device of the reflective mold of back light concomitant use using a diffracted-light study component

[Drawing 34] The block diagram of the gestalt of 1 operation of the image display device using a diffracted-light study component

[Drawing 35] The block diagram of the gestalt of 1 operation as the image display device using a diffracted-light study component, and a lighting system

[Drawing 36] The block diagram of the gestalt of 1 operation of the image display device using a diffracted-light study component

[Drawing 37] The block diagram of the gestalt of 1 operation of the small image display device using a diffracted-light study component

[Drawing 38] (a) The block diagram of the image display device of other configurations using a hologram component

(b) The block diagram of the image display device of other configurations using a hologram component

[Drawing 39] (a) The block diagram of a hologram component used for the image display device of the gestalt of other operations

(b) The block diagram of a hologram component used for the image display device of the gestalt of other operations

[Drawing 40] The block diagram of the gestalt of 1 operation of the optical-information-processing equipment using a diffracted-light study component

[Drawing 41] (a) Drawing showing an example of the refractive-index modulation based on the index ellipsoid of an optically uniaxial optical medium

(b) Drawing showing an example of the refractive-index modulation based on the index ellipsoid of an optically uniaxial optical medium

[Drawing 42] Drawing showing the optical system constituted from a gestalt of 1 implementation of the manufacture approach of a diffracted-light study component

[Description of Notations]

405 Shutter

501 ITO

502 Glass Substrate

503,504 Field

503a, 504a Liquid crystal molecule

504 Field

504a Liquid crystal molecule

510 Polarization Separation Component

511,512 Hologram component

512 Hologram Component

513,514 Glass substrate

515 UV Hardening Mold Liquid Crystal

515a Liquid crystal molecule

515b Liquid crystal molecule

521 Hologram Component

522 Optical Medium

530 Polarization Separation Component

531 Total Reflection Mirror

532 Hologram Component

533 Lamp

534 Reflector

540 Polarization Sensing Element

541 Integrator

542 Lens Group

542a Lens

543 Lens Group

543a Lens

544 Phase Contrast Plate

545 Field Lens

546 Condenser Lens

547 Image Display Component

550 Polarization Sensing Element

551 Hologram Component

552 Phase Contrast Plate

560 Polarization Sensing Element

561,562 Hologram component

562 Hologram Component

563 Phase Contrast Plate

570 Polarization Sensing Element

571 Lens Group

571a Lens

572,573 Hologram component

574 Phase Contrast Plate

575 Field Lens

576 Condenser Lens

577 Image Display Component

578 Projector Lens

579 Screen

590 Polarization Sensing Element

600 Projection Mold Image Display Device

601 Polarization Lighting System

602 Projection Lens

610 Color-Separation System Element

611 Dichroic Prism  
612-614 Total reflection mirror  
620 Color Composition System Element  
621-623 Total reflection mirror  
624-626 Image display component  
625 Dichroic Prism  
627 Dichroic Prism  
628 Projector Lens  
629 Screen  
630 Color Composition System Element  
631-633 Polarization beam splitter  
634-636 Image display component  
637 Dichroic Mirror  
701 Liquid Crystal Device  
702,703 Hologram component  
704 Light Source  
704a Lamp  
704b Reflector  
710 Extraneous Light  
711 Mirror  
720 Liquid Crystal Device  
721 Color Filter  
731 Image Display Device  
732 Wall Surface  
733 Car  
741,742 Diffracted-light study component  
741-744 Hologram component  
745,746 Phase contrast plate  
751 Hologram Component  
752 Diffracted-Light Study Component  
753 Plate  
754 Expansion Optical System  
819 Transparency Mold Liquid Crystal Panel  
820 Hologram Component  
821 Transparent Material  
822 Flux of Light  
823 Reflective Mirror  
824 Flux of Light  
825 Reflecting Mirror  
828 Ordinary Ray  
829 Reflected Light Bundle  
901 Semiconductor Laser  
902 Photodetector  
904 Image Formation Lens  
905 Liquid Crystal Device  
906 Optical Storage  
907 Observer  
911 Laser  
912 Shutter  
913 Beam Expander  
915 Beam Splitter  
916 Mirror

---

[Translation done.]



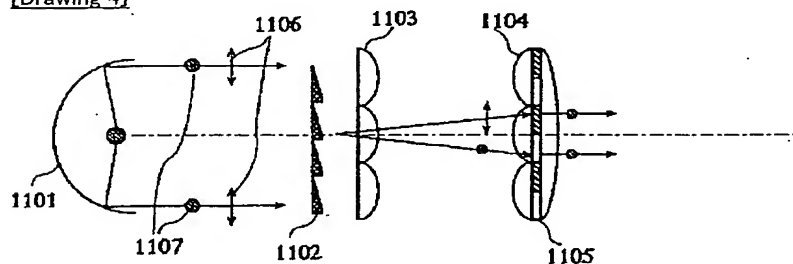
## \* NOTICES \*

JP0 and NCIP1 are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

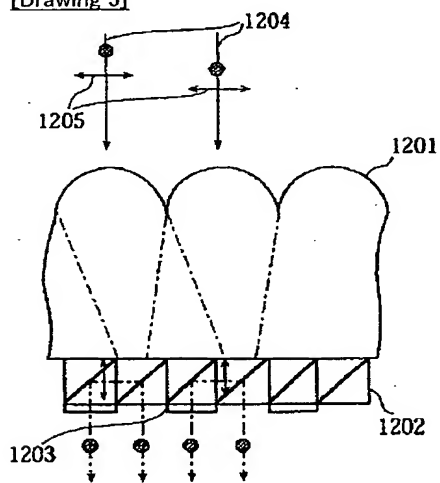
- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.\*\*\* shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

## DRAWINGS

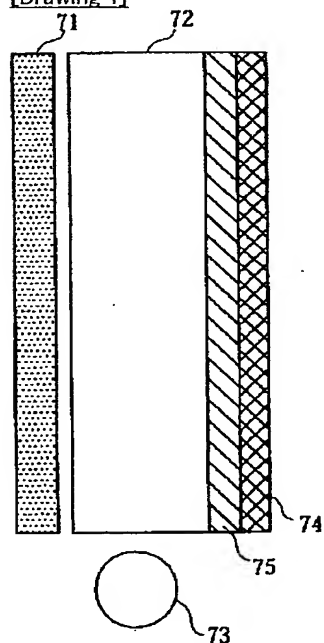
[Drawing 4]



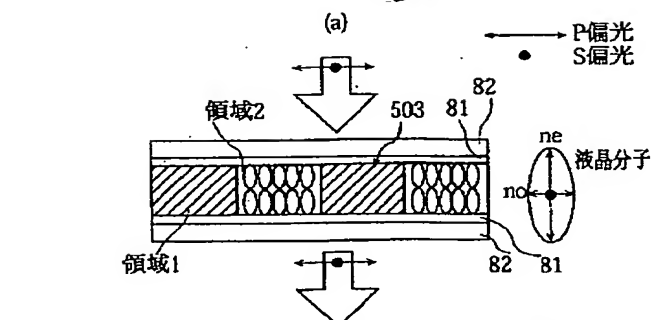
[Drawing 5]



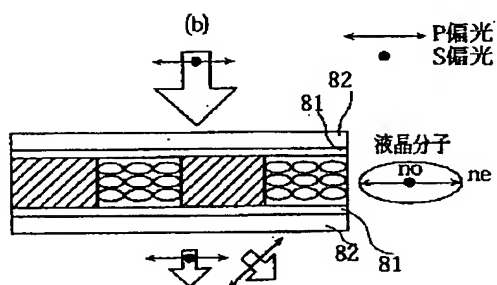
[Drawing 1]



[Drawing 2]

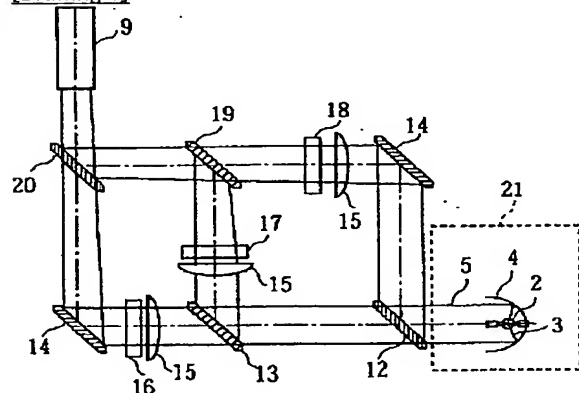


	領域1の屈折率	領域2の屈折率	領域1の屈折率	領域2の屈折率	光の進行方向
P偏光光	nl	no	nl	no	直進
S偏光光	nl	no	nl	no	直進

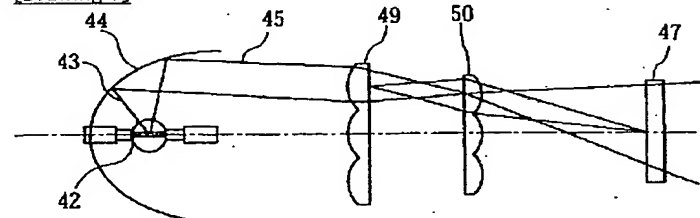


	領域1の屈折率	領域2の屈折率	領域1の屈折率	領域2の屈折率	光の進行方向
P偏光光	nl	ne	nl	ne	回折
S偏光光	nl	no	nl	no	直進

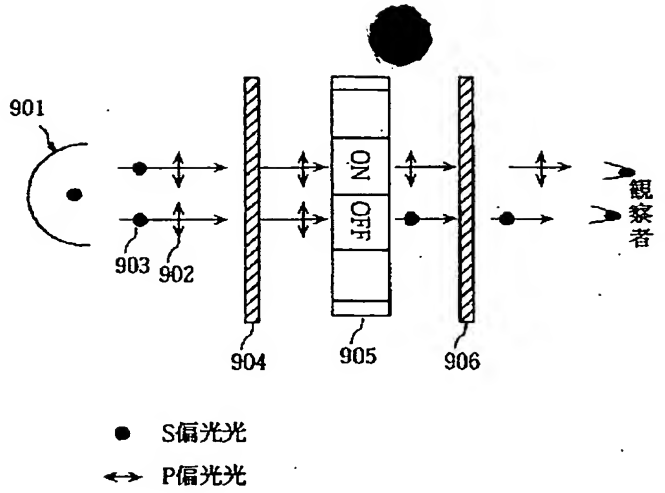
[Drawing 6]



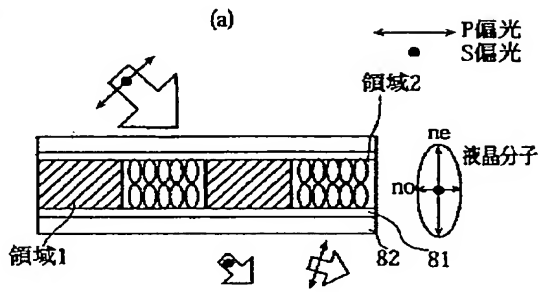
[Drawing 7]



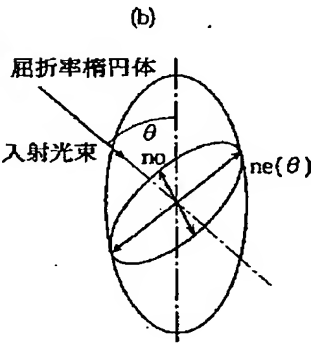
[Drawing 9]



[Drawing 3]

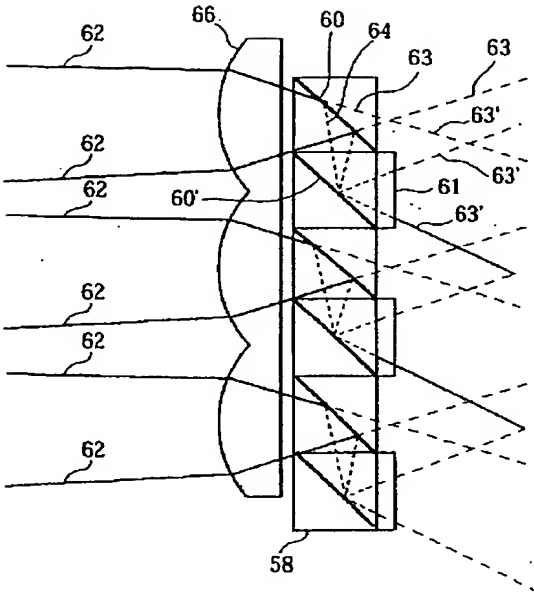


	領域1の屈折率	領域2の屈折率	領域1の屈折率	領域2の屈折率	光の進行方向
P偏光光	nl	ne( $\theta$ )	nl	ne( $\theta$ )	回折
S偏光光	nl	no	nl	no	直進

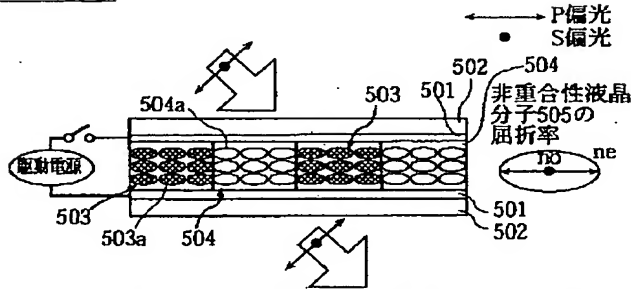


[Drawing 8]

— 無偏光光  
- - - P偏光光  
· · · S偏光光

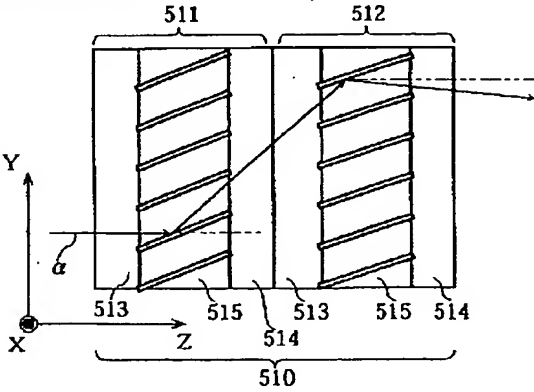


[Drawing 11]

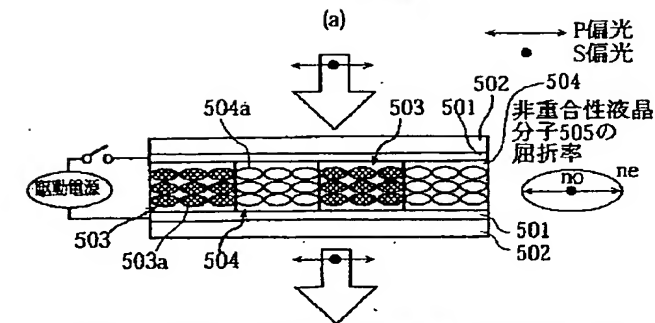


	領域1の屈折率	領域2の屈折率	領域1の屈折率	領域2の屈折率	光の進行方向
P偏光光	$ne(\theta)$	$ne(\theta)$	$ne(\theta)$	$ne(\theta)$	直進
S偏光光	$no$	$no$	$no$	$no$	直進

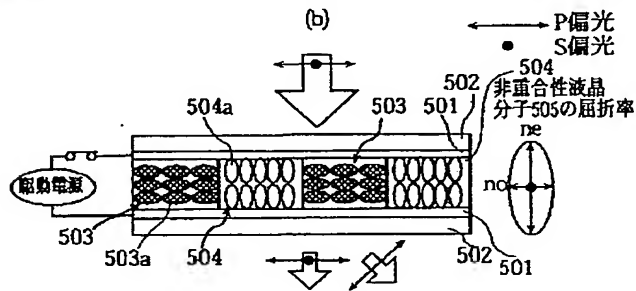
[Drawing 13]



[Drawing 10]

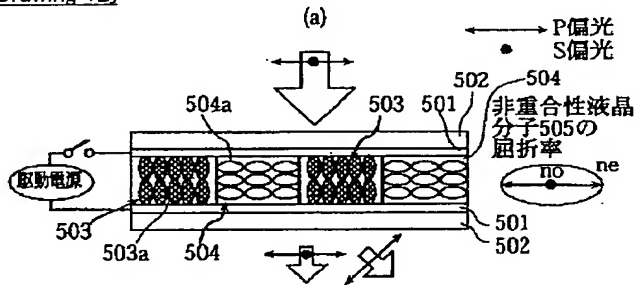


	領域1の屈折率	領域2の屈折率	領域1の屈折率	領域2の屈折率	光の進行方向
P偏光光	$n_0$	$n_0$	$n_0$	$n_0$	直進
S偏光光	$n_e$	$n_e$	$n_e$	$n_e$	直進

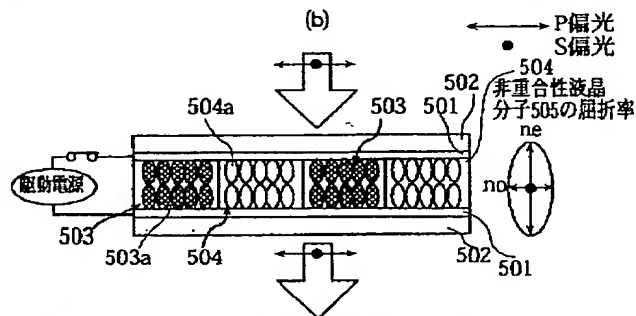


	領域1の屈折率	領域2の屈折率	領域1の屈折率	領域2の屈折率	光の進行方向
P偏光光	$n_e$	$n_0$	$n_e$	$n_0$	回折
S偏光光	$n_0$	$n_0$	$n_0$	$n_0$	直進

[Drawing 12]

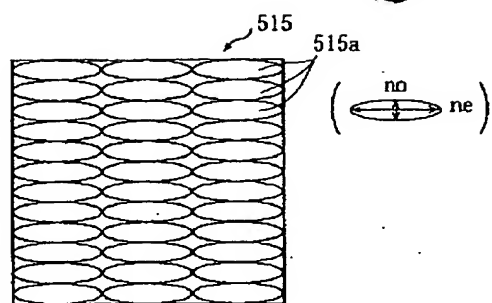


	領域1の屈折率	領域2の屈折率	領域1の屈折率	領域2の屈折率	光の進行方向
P偏光光	$n_e$	$n_0$	$n_e$	$n_0$	回折
S偏光光	$n_0$	$n_0$	$n_0$	$n_0$	直進

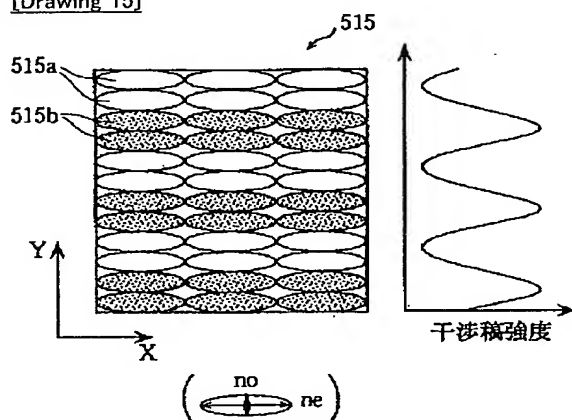


	領域1の屈折率	領域2の屈折率	領域1の屈折率	領域2の屈折率	光の進行方向
P偏光光	$n_0$	$n_0$	$n_0$	$n_0$	直進
S偏光光	$n_e$	$n_e$	$n_e$	$n_e$	直進

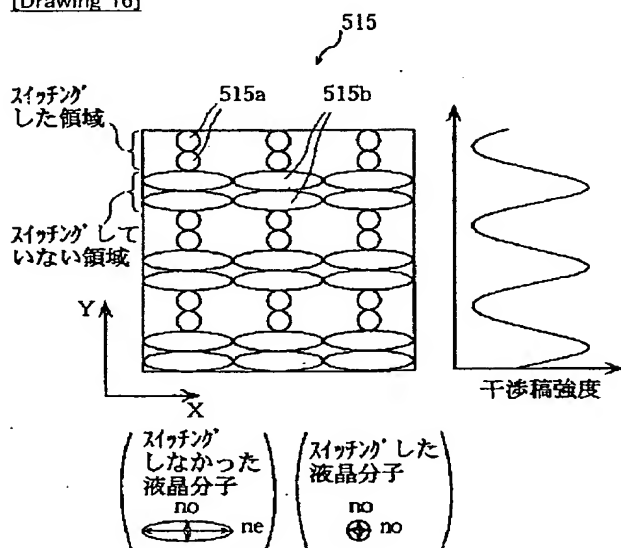
[Drawing 14]



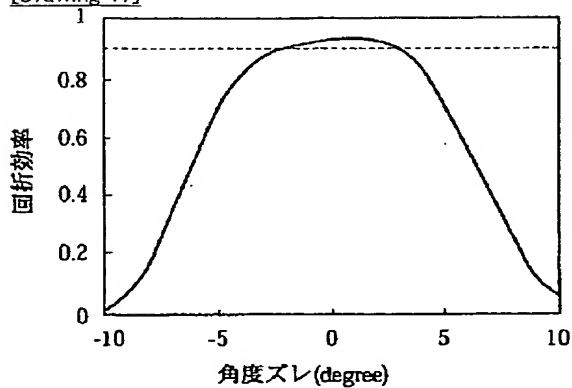
[Drawing 15]



[Drawing 16]

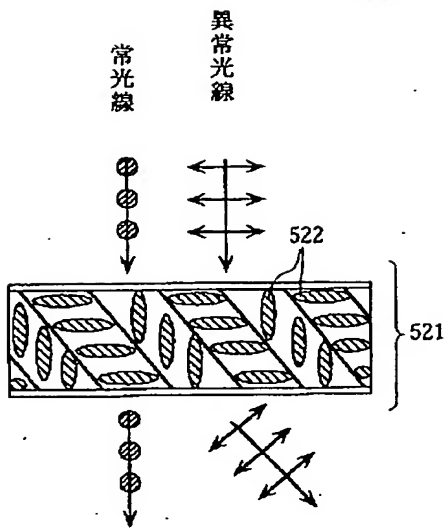


[Drawing 17]



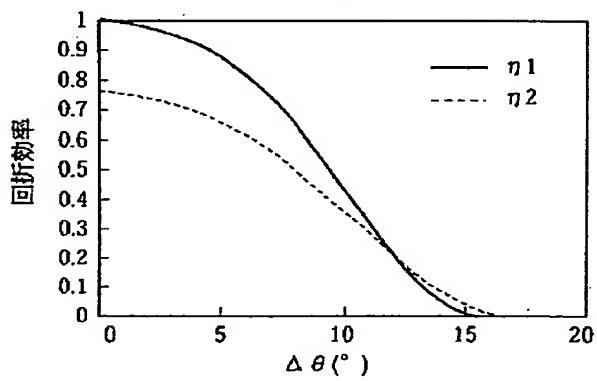
[Drawing 18]



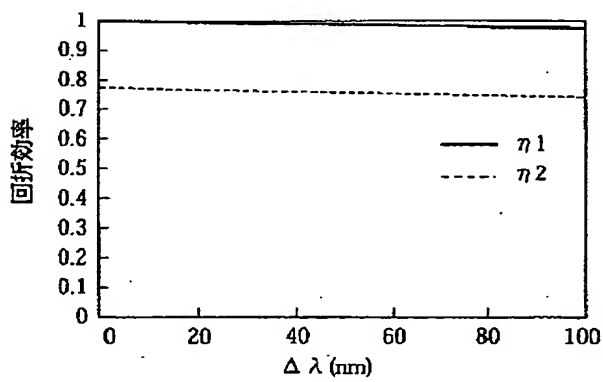


[Drawing 19]

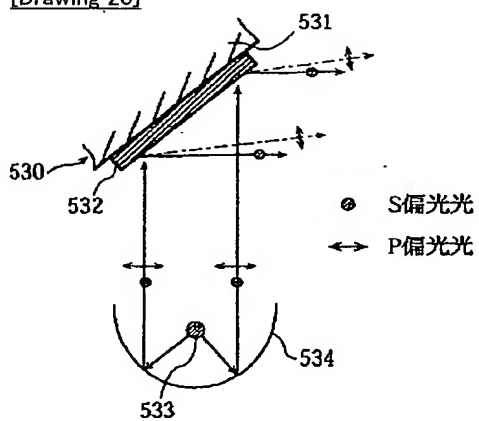
(a)



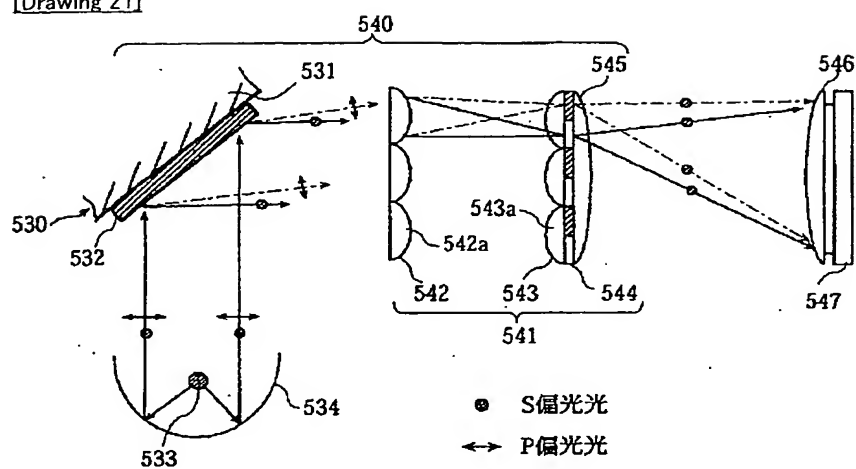
(b)



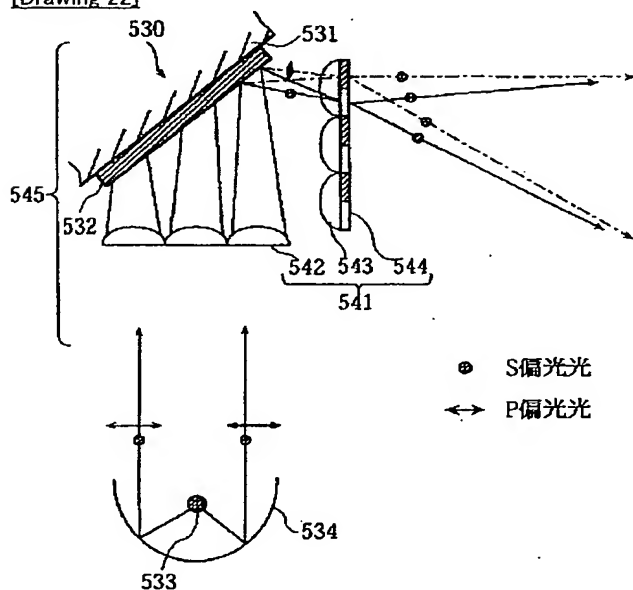
[Drawing 20]



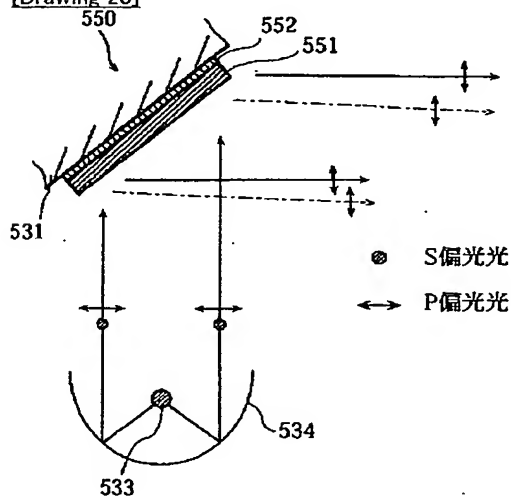
[Drawing 21]



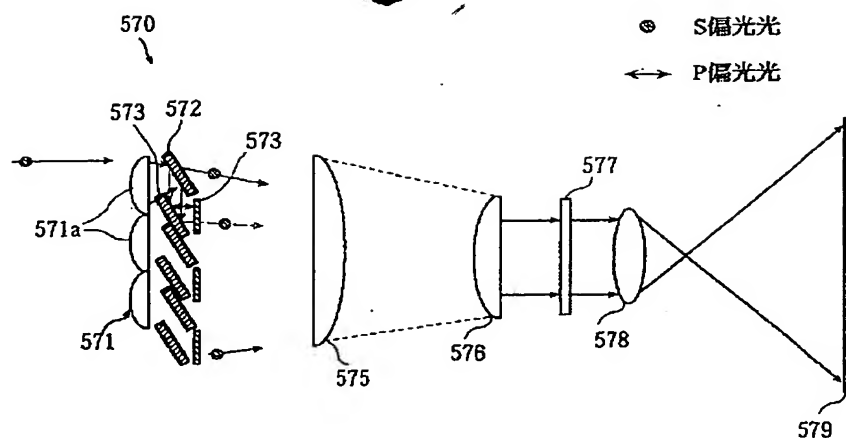
[Drawing 22]



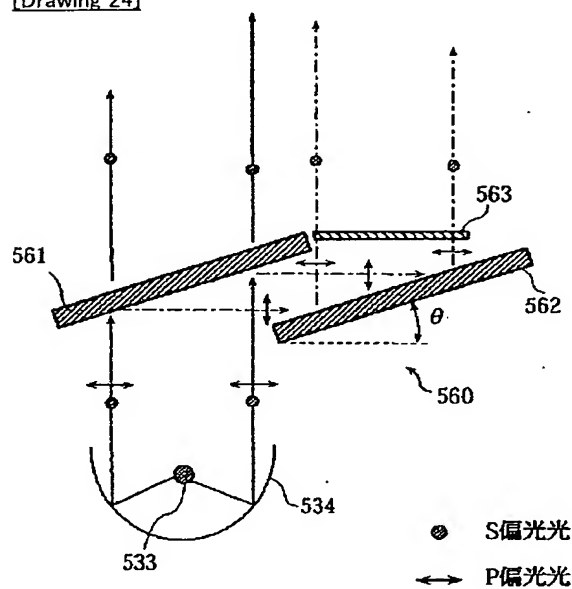
[Drawing 23]



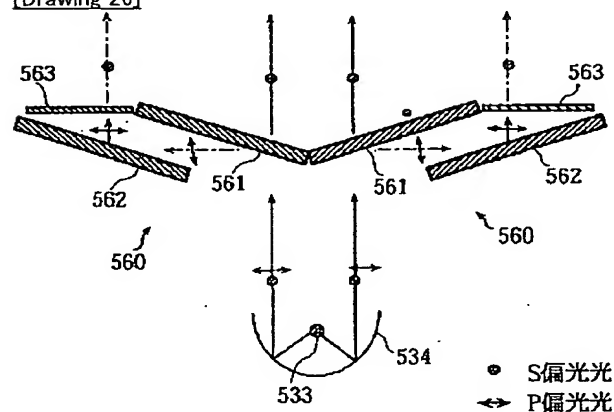
[Drawing 25]



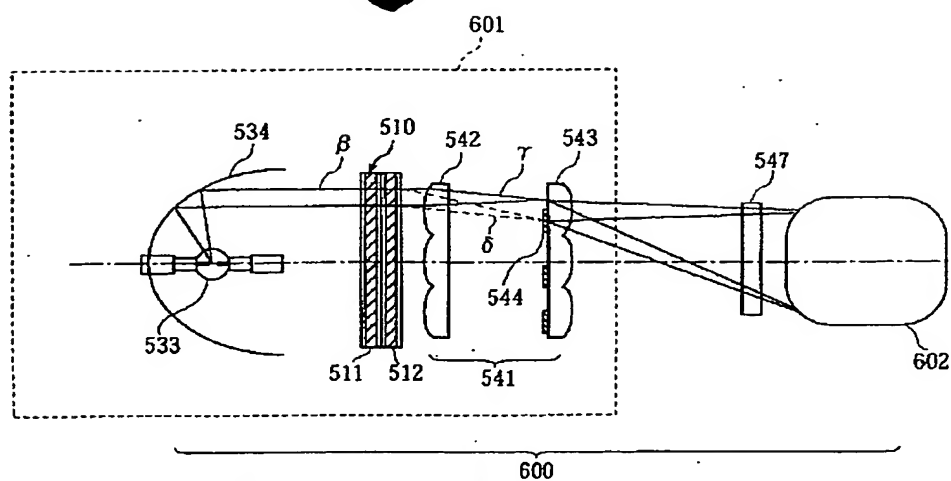
[Drawing 24]



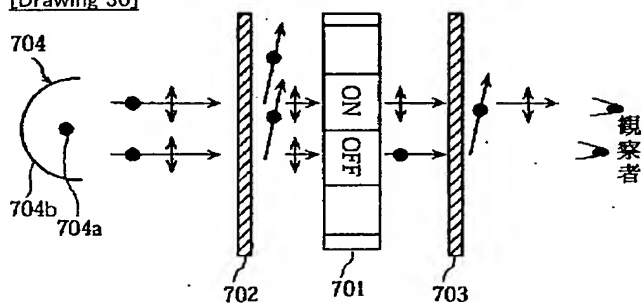
[Drawing 26]



[Drawing 27]

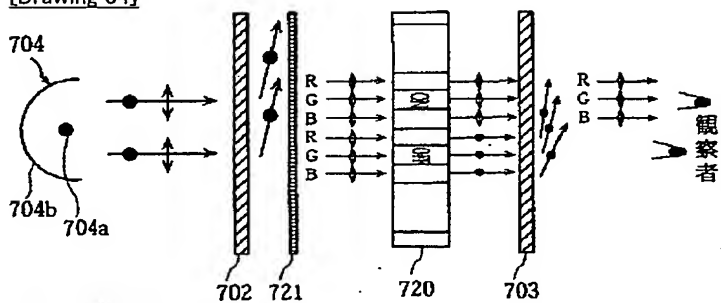


[Drawing 30]



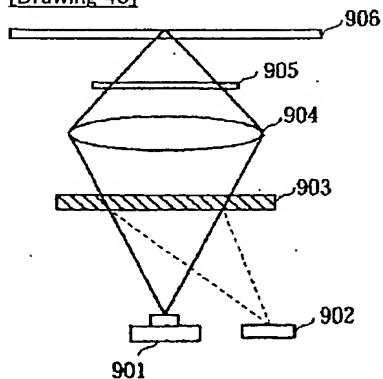
● S偏光光  
 ↔ P偏光光

[Drawing 34]

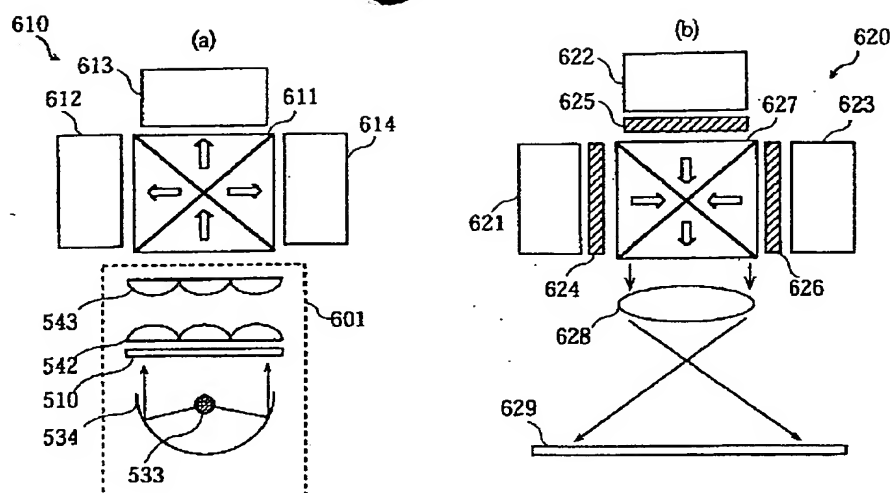


● S偏光光  
 ↔ P偏光光

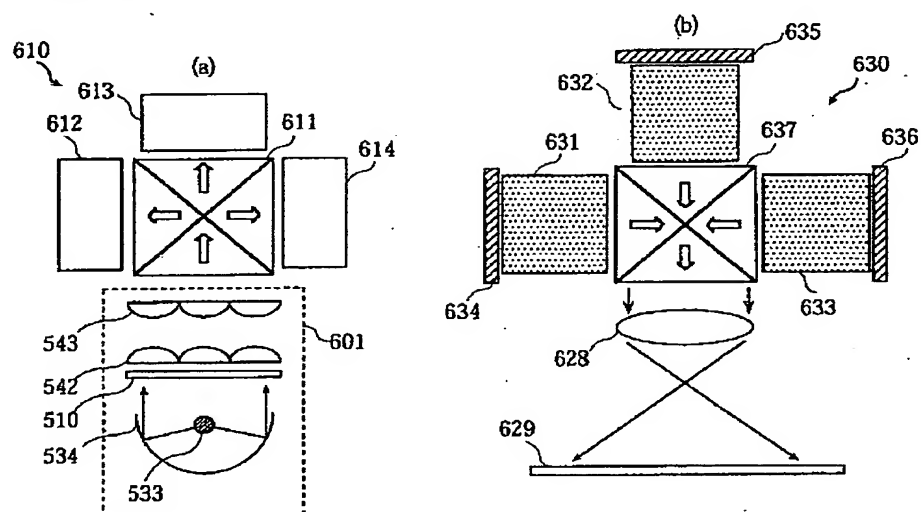
[Drawing 40]



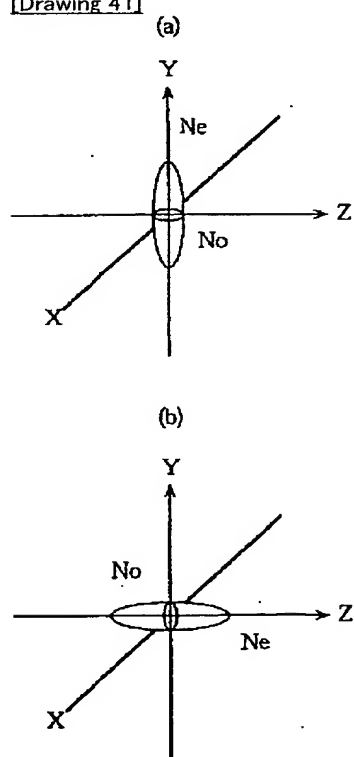
[Drawing 28]



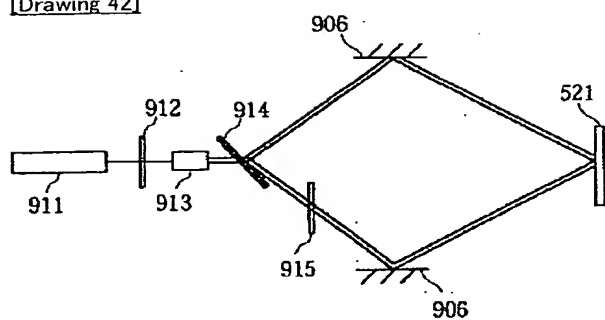
[Drawing 29]



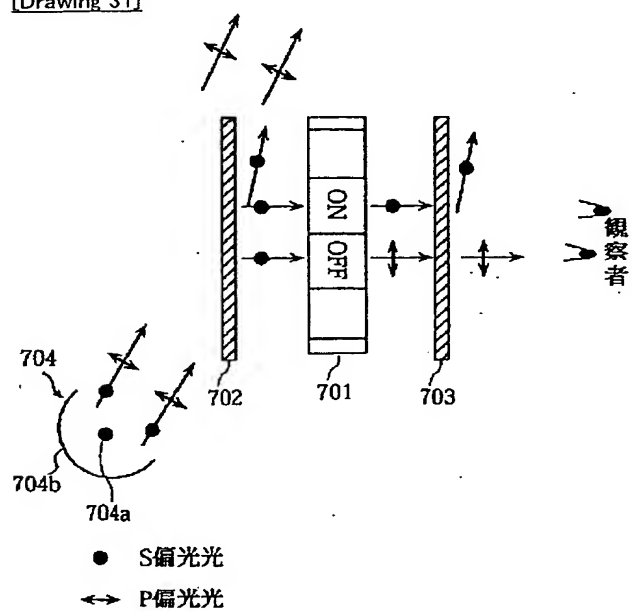
[Drawing 41]



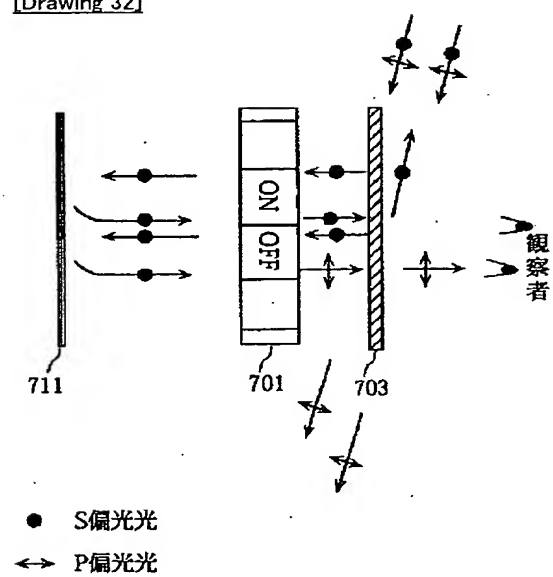
[Drawing 42]



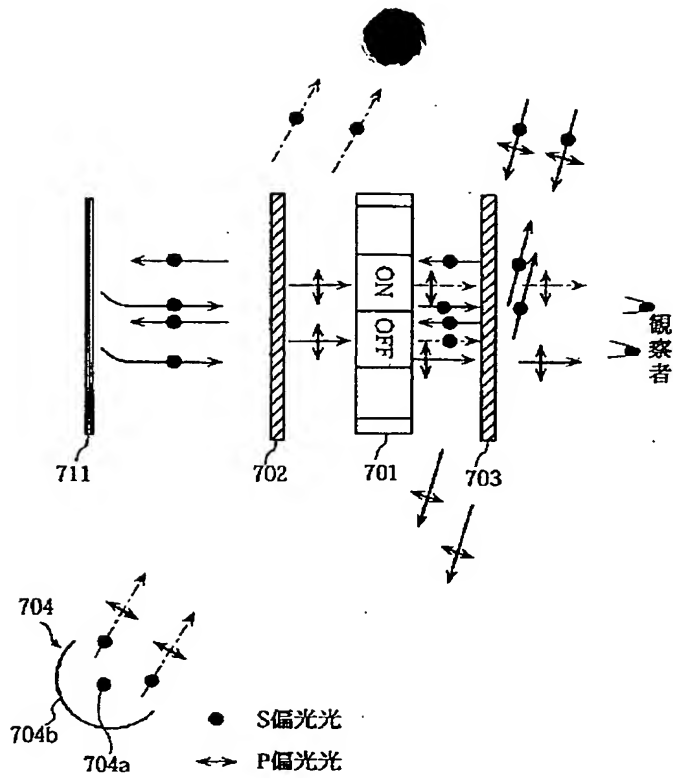
[Drawing 31]



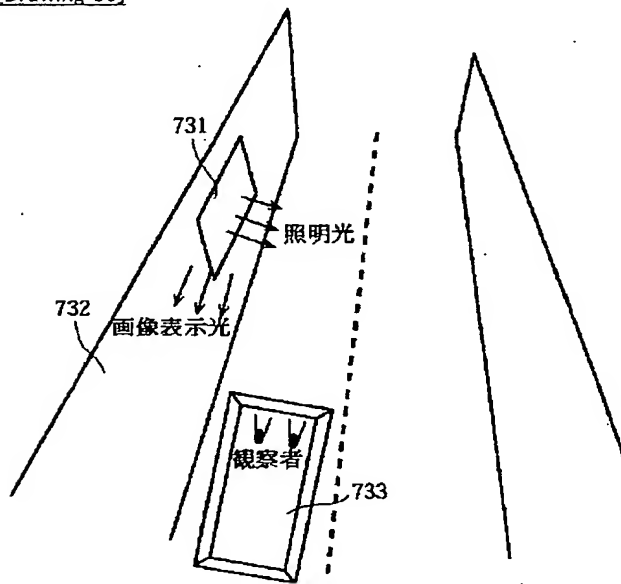
[Drawing 32]



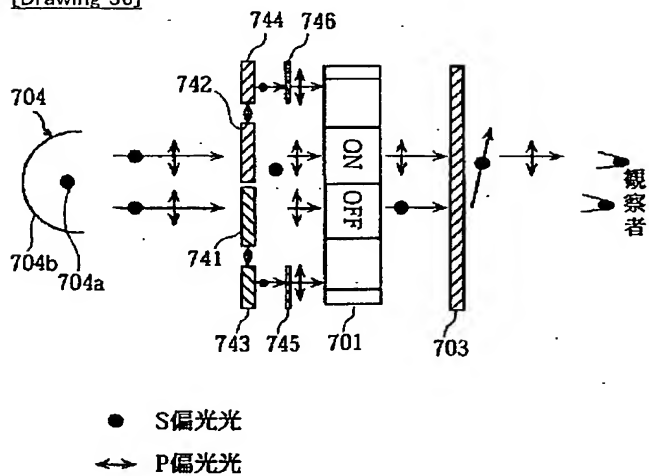
[Drawing 33]



[Drawing 35]

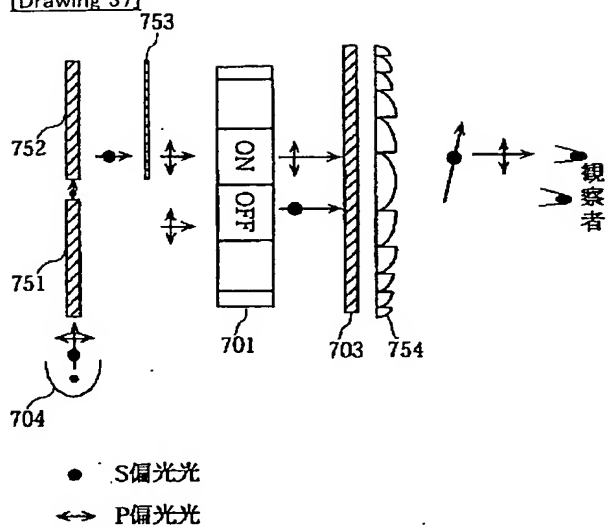


[Drawing 36]

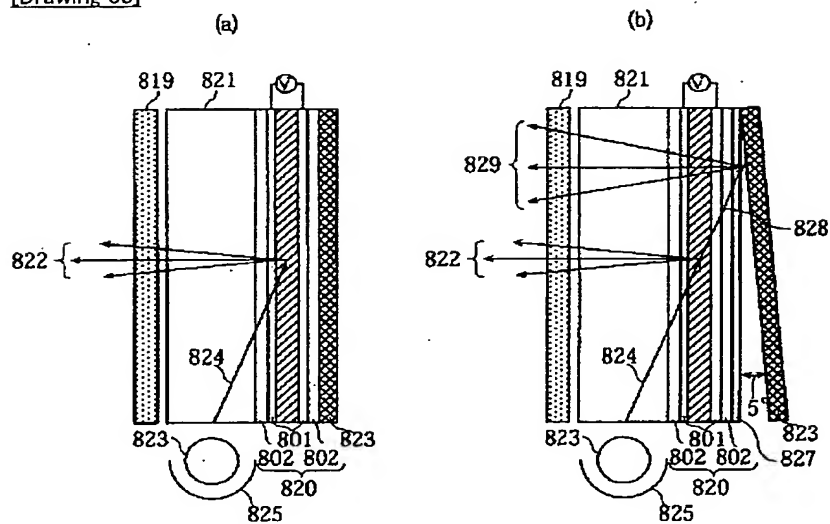




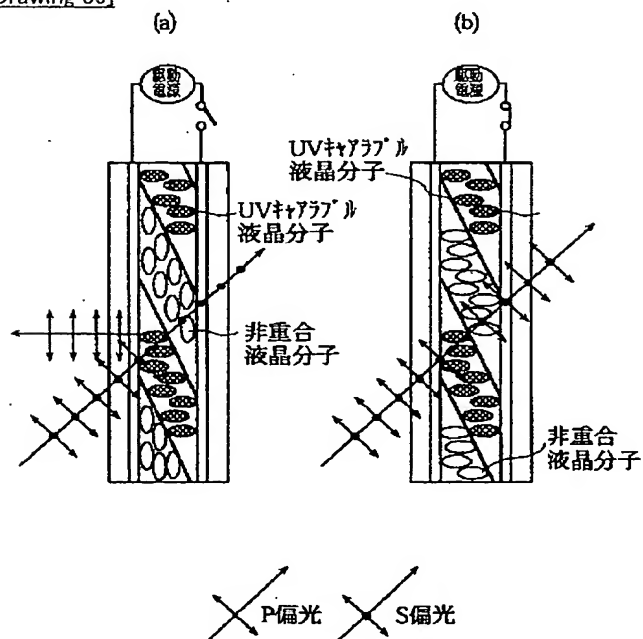
[Drawing 37]



[Drawing 38]



[Drawing 39]



---

[Translation done.]